

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХНВ
_____ Я.М. Корнієнко
(підпис)
“ ” _____ 2019 р.

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ

на здобуття освітнього ступеня магістр

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

спеціалізація: Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

на тему: Модернізація установки виробництва нізину з розробкою ферментера та сушарки

Виконав студент 6-го курсу, групи ЛН-71мп

Драгузя Костянтин Васильович

Керівник проекту канд. техн. наук, доц. О.Г. Зубрій

Консультанти:

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

канд. техн. наук, доц. І.М. Ковтун

розробка стартап-проекту

канд. економ. наук, доц. Н.В. Юдіна

технологія виготовлення підп’ятника

ст. викл., канд. техн. наук Я.Г. Двойнос

автоматичний контроль і керування процесом

канд. техн. наук, доц. А.Ю Сазонов

Рецензент

_____ (посада, вчене звання, науковий степінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____ К.В. Драгузя

Київ – 2019

РЕФЕРАТ

УДК 663.03

Магістерська дисертація на тему «Модернізація установки виробництва нізину з розробкою ферментера та сушарки» / КПП ім. Ігоря Сікорського; Керівник О. Г. Зубрій. – К., 2019. – 170 с.: 46 іл. Викон. – Драгузя К.В. – Бібліогр.: с. 172.

Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновків і списку посилань з 46 найменувань. Загальний обсяг записки становить 172 сторінок основного тексту, 48 рисунків, 27 таблиць.

Мета магістерської дисертації – проектування ферментера та сушарки.

Записка містить опис технологічного процесу, вибір типів ферментера, сушарки і їх місце в технологічній схемі, технічну характеристику апаратів, обґрунтування вибору конструкцій апаратів, що проектуються і принцип дії їх основних складальних одиниць та деталей, порівняння основних показників розроблюваних конструкцій ферментера та сушарки з аналогами, патентне дослідження конструкцій апаратів. Наведено заходи, щодо охорони праці, рекомендації з монтажу та експлуатації. Проведено модернізацію установки та розроблено стартап-проект. Проведена модернізація інтенсифікування процесу масообміну. Зазначена модернізація може бути рекомендована для впровадження у виробництво. Визначено рівень стандартизації та уніфікації. Розроблено автоматичну схему керуванням процесом.

ФЕРМЕНТЕР, НІЗИН, ПЕРЕМІШУВАННЯ, МІШАЛКА, ОБОЛОНЬ,
СУШАРКА

РЕФЕРАТ

УДК 663.03

Магистерская диссертация на тему «Модернизация установки производства низина с разработкой ферментера и сушилки» / КПИ им. Игоря Сикорского ; Руководитель О. Г. Зубрий. - К., 2019. - 170 с.: 46 ил. Испол. – К.В. Драгузя- Библиогр .: с. 172.

Пояснительная записка состоит из введения, восьми глав, заключения и списка ссылок из 46 наименований. Общий объем записки составляет 172 страниц основного текста, 48 рисунков, 27 таблиц.

Цель магистерской диссертации – проектирование ферментера и сушилки.

Записка содержит описание технологического процесса, выбор типов ферментера, сушилки и их место в технологической схеме, техническую характеристику аппаратов, обоснование выбора конструкций проектируемых аппаратов и принцип действия их основных сборочных единиц и деталей, сравнение основных показателей разрабатываемых конструкций ферментера и сушилки с аналогами, патентное исследование конструкций аппаратов. Приведены мероприятия по охране труда, рекомендации по монтажу и эксплуатации. Проведена модернизация установки и разработан стартап-проект. Проведённая модернизация интенсифицировала процесс массообмена. Указанная модернизация может быть рекомендована для внедрения в производство. Определен уровень стандартизации и унификации. Разработана автоматическая схема управлением процессом.

ФЕРМЕНТЕР, НИЗИН, ПЕРЕМЕШИВАНИЕ, МЕШАЛКА, ОБОЛОНЬ, СУШИЛКА

ABSTRACT

UDC 663.03

The Master's thesis on the topic "Modernization of nisin manufacturing plant with the development of fermenter and dryer" / National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"; Thesis supervisor: O.G. Zubriy, - K., 2019. - 172 p.: 48 il. Developer – K.V.Drahuzia - References: 172 p.

The Master's thesis consists of an introduction, eight sections, conclusions and a list of references (46 sources). The total volume is 172 pages of the main text, 48 figures, 27 tables.

The purpose of the master's thesis – the design of the fermenter and dryer.

The project contains a description of technological process, the selection of fermenter, dryer and their place in the technological scheme, the technical characteristics of apparatus, reasons for selection of designs of apparatus being developed and the principle of their main assembly units and parts, comparison of basic parameters of fermenter and dryer's designs with analogues, a patent research of apparatus constructions. Health and safety measures, installation and maintenance recommendations are given. The modernization of a plant is done and a startup project is developed. Undertaken modernization has intensified the process of mixing. Such modernization should be recommended for implementation in production. Standardization and unification levels are defined. Automated process control system is developed.

FERMENTER, NISIN, MIXING, MIXER, VEOLON, DRYER

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів.....	13
Вступ.....	15
1 Призначення та область використання установки виробництва нізину.....	16
1.1 Опис технологічного процесу.....	16
1.2 Вибір типу установки, апаратів, їх місце в технологічній схемі	18
1.2.1 Ферментер.....	18
1.2.2 Ферментер.....	19
2 Технічні характеристики основних апаратів установки.....	21
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апаратів.....	23
3.1 Конструкція і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей.....	23
3.2 Порівняння основних показників розроблених конструкцій апаратів з аналогами	26
3.3 Вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів.....	30
3.4 Патентний огляд конструкцій основного обладнання установки	32
4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій.....	43
4.1 Розрахунок ферментера.....	43
4.1.1 Визначення основних геометричних розмірів ферментера.....	43
4.1.2 Розрахунок потужності привода при перемішуванні.....	45
4.1.3 Розрахунок теплового навантаження ферментера.....	48
4.1.4 Тепловий розрахунок ферментера	50
4.1.5 Розрахунок глибини воронки.....	57
4.1.6 Розрахунок гідравлічного опору	59
4.1.7 Розрахунок штуцерів ферментера	61

					ЛН71мп.061523.001 ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Драгузя			Модернізація установки виробництва нізину з розробкою ферментера та сушарки	Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Зубрій							
Реценз.						КПІ ім . Ігоря Сікорського ІХФ , МАХНВ			
Н. Контр.									
Затверд.									

4.1.8 Розрахунок укріплення отворів	63
4.1.9. Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки, навантаженої внутрішнім надлишковим тиском	64
4.1.10 Розрахунок циліндричної обичайки навантаженої зовнішнім надлишковим тиском	67
4.1.11 Розрахунок товщини еліптичного днища	69
4.1.12 Вибір опори ферментера	70
4.1.13 Розрахунок валу механічного перемішуючого пристрою на вібростійкість	75
4.1.14 Розрахунок валу механічного перемішуючого пристрою на жорсткість і міцність	78
4.2 Розрахунок сушарки	82
4.2.1 Тепловий та матеріальний баланс сушки	82
4.2.2 Параметричний розрахунок	86
4.2.3 Розрахунок товщини ізоляції	90
4.2.4 Розрахунок товщини циліндричної обичайки під дією внутрішнього тиску	91
4.2.5 Розрахунок конічного днища під дією внутрішнього тиску	93
4.2.6 Розрахунок вала диспергатора на вібростійкість	95
4.2.7 Розрахунок вала диспергатора на жорсткість	99
4.2.8 Розрахунок вала диспергатора на міцність	103
4.2.9 Розрахунок кільцевого диска	105
5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	109
6 Рекомендації, щодо монтажу та експлуатації апаратів установки виробництва нізину	120
7 Рівень стандартизації та уніфікації	122
8 Розробка стартап-проекту	124

8.1	Опис ідеї проекту	124
8.2	Технологічний аудит ідеї проекту.....	126
8.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	127
8.4	Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту	135
8.5	Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	137
8.6	Висновки до розділу	141
	Висновки	142
	Выводы.....	143
	Conclusion.....	144
	Перелік посилань	145
	Додаток А Технологія виготовлення підп'ятника.....	149
	Додаток Б Автоматичний контроль і керування процесом	163
	Додаток В Документація до патентного дослідження	169
	Додаток Г Патенти, які використані в патентному дослідженні	177
	Додаток Д Публікації автора.....	179

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

G – масові витрати, кг/с;

p – тиск, МПа;

F – площа поверхні, м²;

V – об'єм, м³;

S – товщина, м;

ρ – густина, кг/м³;

μ – коефіцієнт динамічної в'язкості, Па·с;

ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості, м²/с;

c – теплоємність, Дж/(кг·К);

Q – тепловий потік, Вт;

W – швидкість, м/с;

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К);

α – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К);

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К);

E – модуль пружності, МПа;

σ – напруження в матеріалі, МПа;

$[\sigma]$ – допустиме напруження, МПа;

φ – коефіцієнт міцності зварного шва;

I – момент інерції, м⁴;

N – потужність, Вт;

x – вологовміст повітря, кг вологи/кг сухого повітря;

I – ентальпія повітря кДж/кг сухого повітря.

Критерії:

Pr – критерій Прандтля;

Re – критерій Рейнольдса;

Nu – критерій Нусельта;

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		13

Gu – критерій Гухмана;

Ko – критерій Коссовича;

Nu_v – критерій теплообміну в об'ємі камери;

K_G – критерій заповнення камери факелом розпилу;

Ar – критерій Архімеда.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Розробка нових речовин, в тому числі біопрепаратів та обладнання для їх виробництва лишається актуальною задачею науки та промисловості.

Нізин – це найбільш вивчений бактеріоцин, що є продуцентом молочних мікроорганізмів (*Lactococcus lactis*) і дозволений для використання в якості біологічного консерванту. Бактеріоцинами називають гетерогенні антибактеріальні комплекси, різноманітні за рівнем активності, спектром і механізмом дії, молекулярної маси, фізико-хімічними властивостями, але основною біологічно активною складовою всіх бактеріоцинів є білковий компонент. Наразі нізин єдиний з антибіотиків з 1998 р. має «GRAS» (Generally Recognized As Safe) статус, тобто визнаний Європейським парламентом як безпечний. Являючись низькомолекулярним білком, нізин легко перетравлюється, не впливаючи на мікробіоту шлунково-кишкового тракту [1].

Метою магістерської дисертації є модернізація установки виробництва нізину, а саме – ферментера та сушарки.

Для досягнення даної мети в проекті поставлено наступні задачі: аналіз технологічного процесу, опис та обґрунтування обраної конструкції апарата, визначення технічних характеристик апарата, аналіз конструкцій та принципів дій апарата, порівняння проектного апарата з аналогами, патентний пошук, параметричні розрахунки проектного апарата, розрахунки на міцність, стійкість, жорсткість та вібростійкість основних механічно навантажених вузлів конструкцій апарата, розробка рекомендацій щодо монтажу та експлуатації обладнання, виконання складальних креслень проектного апарата, , розробка та описання технологічного процесу виготовлення деталі (підп'ятник) розробка вимог з охорони праці, аналіз економічної ефективності модернізації.

Завдання на магістерську дисертацію одержано 03.09.2018 під час проходження переддипломної практики в ІТТФ НАН України.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		15

1 Призначення та область використання установки виробництва нізину

1.1 Опис технологічного процесу

Технологічна схема виготовлення нізину зображена на рисунку 1.1.

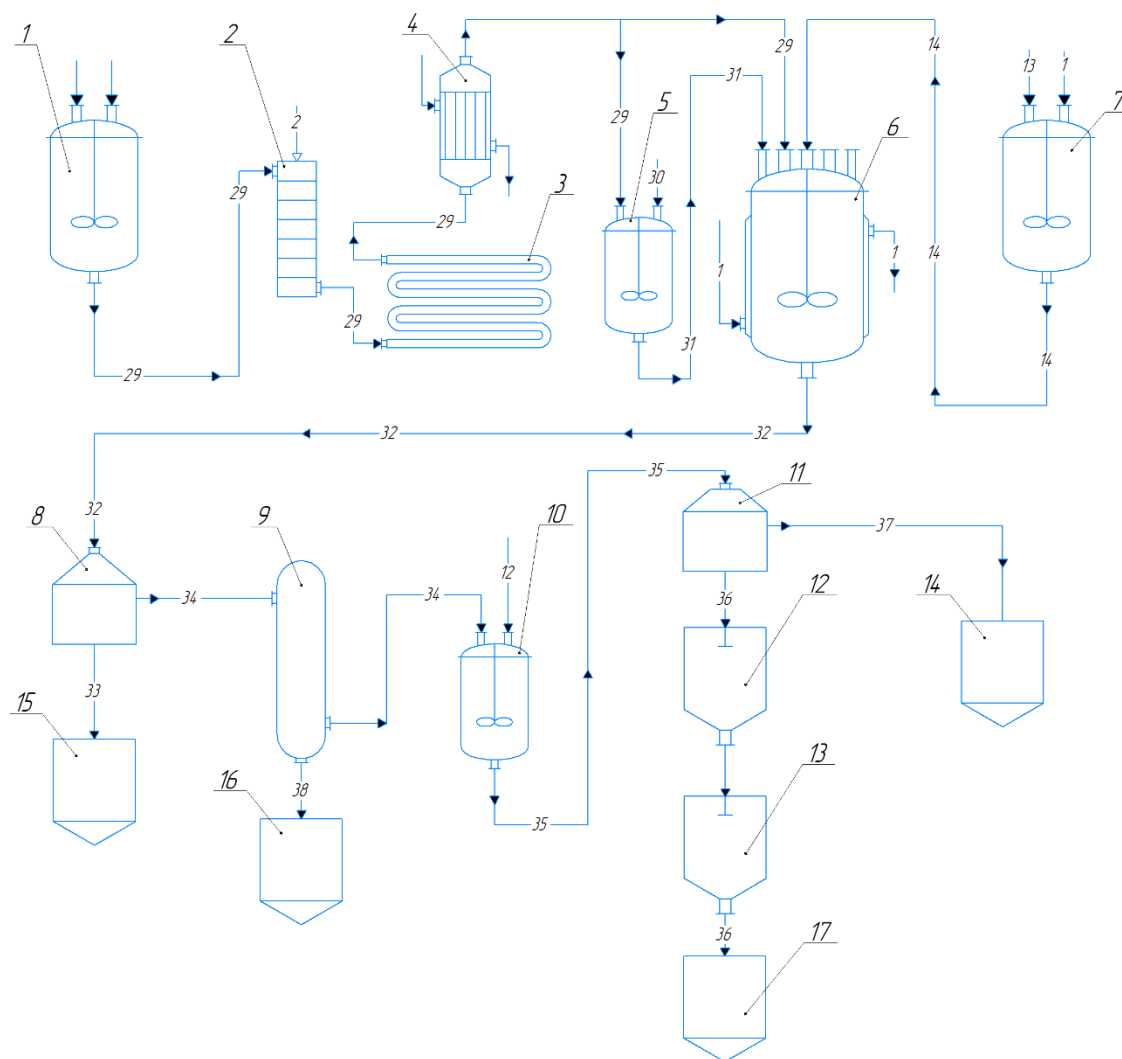


Рисунок 1.1 – Принципова технологічна схема виробництва бактеріоцинів:

1 – змішувач; 2 – стерилізаційна колона; 3 – витримувач; 4 – теплообмінник;

5 – біореактор; 6 – ферментер; 7 – реактор; 8 – сепаратор 9 – фільтр;

10 – екстрактор; 11 – центрифуга; 12 – випарник; 13 – сушарка; 14 – збірник осаду;

15 – збірник клітинної маси; 16 – збірник механічних забруднень; 17 – збірник

продукту.

Технологія виробництва цього бактеріоцину передбачає застосування глибинного методу культивування мікроорганізмів.

Процес приготування посівного матеріалу полягає в активації ліофільно висушених штамів і їх культивуванні на щільному поживному середовищі протягом 10-ти годин при температурі 28 ± 1 °C.

В якості компонентів поживного середовища використовується розсіл, отриманий після сушки молочної сироватки, молочна сироватка та ополоски, які отримують після миття технологічного обладнання на молочних підприємствах.

Готують поживне середовище в змішувачі 1, яке потім подають до стерилізаційної колони і в подальшому охолоджують до температури 28 ± 1 °C. Затим посівну культуру стерильно пересівають на рідке поживне середовище та культивують протягом 10-ти годин в ферментері 10 при температурі 28 ± 1 °C.

Отримане культуральне середовище подається на стадію сепарації для відділення клітинної біомаси. Для очищення від залишкових клітин культур проводять фільтрування надосадової рідини на мембранних фільтрах 9. Виділення і очищення бактеріоцинів із культуральної рідини протікає методом висолювання в прохолодному приміщенні при 7 ± 2 °C, за допомогою додавання до фільтрату сульфат амонію $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$, і затим відстоюють протягом 2-х годин. Осад, який сформувався осаджують центрифугуванням.

Для отримання сухого продукту суміш подається на сушіння в сушарку 12. Процес сушіння відбувається до вмісту вологи 5-7% [2].

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		17

1.2 Вибір типу установки, апаратів, їх місце в технологічній схемі

У даному проекті розробляються два апарати: ферментер і сушарка. Розглянемо їх по черзі згідно розміщення в технологічній схемі.

1.2.1 Ферментер

Ферментер являє собою готовий комплекс для культивації мікроорганізмів з дозуванням середовищ в автоматичному режимі. В процесі вирощування мікробіологічних культур повинні бути дотримані наступні основні вимоги: кліматичні фактори зовнішнього середовища, швидкість та інтенсивність перемішування, параметри тиску, а також повинно бути організовано відведення побічних продуктів.

Класифікують мікробіологічні процеси за трьома ознаками:

- аеробне та анаеробне вирощування;
- глибинне та поверхнєве вирощування;
- періодичне та безперервне вирощування.

У промисловій галузі широкого розповсюдження набули процеси глибинного культивування мікроорганізмів, тобто в рідкому середовищі. Такі процеси мають ряд відмітних особливостей: вони відбуваються в кілька етапів і зводяться до перетворення «газ – рідина – клітинна біомаса».

При культивуванні мікроорганізмів неминує виділяється тепло.

Особливо важливо в процесі вирощування підтримувати постійну температурну фазу в усьому об'ємі апарата впродовж тривалого часу.

Апарати з механічним перемішуванням мають механічну мішалку, що складається з центрального валу і лопатей різної форми. При високих швидкостях обертання мішалок перемішуюча рідина затягується в круговий рух та навколо валу, виникає воронка, глибина якої збільшується зі збільшенням кількості обертів і зменшенням густини і в'язкості середовища. Воронка не повинна досягати

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		18

мішалки (відповідний розрахунок представлено в записці с.59), всередині апарата розміщують відбиваючі перегородки, котрі, сприяють виникненню вихорів та збільшенню турбулентності в системі. Утворення воронки можливо не допустити і при повному заповненні рідини апарата, тобто при відсутності повітряного прошарку між середовищем та кришкою апарата, а також при встановленні валу мішалки ексцентрично до осі апарата чи застосування апарата прямокутного перерізу. Теплові пристрої можуть бути як зовнішні (оболонка) так і внутрішні (змійовик) [3].

Виходячи з вимог і аналізу літературних джерел, до проектування обрано вертикальний апарат із еліптичними днищем і кришкою. В якості перемішуючого пристрою прийнято використовувати турбінну мішалку, що встановлюється на однопрольотному валу. Апарат обладнано оболонню з направляючими ребрами.

1.2.2 Сушарка

Для оцінки перспективності метода сушіння вологі матеріали поділяють на шість основних груп:

- істинні та колоїдні розчини;
- емульсії та суспензії;
- пастоподібні матеріали, що не перекачуються насосом;
- пилоподібні, зернисті і кускові матеріали, що володіють сипучістю у вологому стані;
- тонкі і гнучкі матеріали (папір, тканини, плівка);
- штучні масивні за обсягом матеріали та вироби (кераміка, штучні будівельні матеріали, вироби з деревини).

Сучасні промислові сушильні агрегати класифікують за наступними багатьма ознаками:

- за методом підведення теплоти (конвективний; кондуктивний; радіаційний; електромагнітний; комбінований.).

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		19

- за функціонуванням по часу (безперервної дії; періодичної дії; напівбезперервної дії).

- за типом конструкції (камерні; шахтні; тунельні; барабанні; трубчаті; стрічкові; зрідженого шару; розпилюючі та ін.).

За наведеною класифікацією найбільшого поширення набули сушильні агрегати конвективного типу. Ці агрегати поділяють на декілька груп:

- за використанням сушильним агентом (повітряні, на димових газах, на газових агентах, що не конденсуються);

- за схемою руху сушильного агенту (однотонні – з одноразовим використанням сушильного агенту; багатотонні – з проміжним підігрівом сушильного агенту, рециркуляцією його в зонах, рециркуляцією його між зонами);

- за тиском у середній камері (атмосферні; вакуумні);

- за напрямом руху сушильного агенту відносно матеріалу (прямоточні; протиточні; перехресного руху; реверсивні) [4].

На основі джерел про походження бактерій, які продукують нізин, для сушіння препарату, сушарка обрана, виходячи з властивостей нізину, перш за все термолабільності.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
						20
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

2 Технічні характеристики основних апаратів установки

Основні технічні дані та характеристики ферментера:

1. Апарат призначений для вирощування мікроорганізмів;

2. Об'єм, м³

- номінальний 6,3;

- робочий 4,41;

3. Коефіцієнт заповнення 0,7;

4. Тиск, МПа

- в апараті при стерилізації 0,3

- в апараті робочий 0,1;

- в оболонці 0,3;

5. Температура, °С

- робочого середовища 28;

- охолоджуючої води 18-27;

6. Густина середовища в корпусі апарата, кг/м³ 1024;

7. Площа теплообміну, м² 9,6;

8. Тип перемішуючого пристрою – мішалка турбінна закрыта

- кількість мішалок 1;

- частота обертання валу мішалки, с⁻¹ 3;

- потужність приводу, кВт 1,5;

9. Габаритні розміри, мм

- висота 5170;

- ширина 2020;

- внутрішній діаметр апарата 1600;

10. Маса, кг 2250;

11. Основний конструкційний матеріал складальних одиниць та деталей, що контактують з середовищем, та оболоні – 12Х18Н10Т, прокладок – пароніт ПОН-А.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
						21
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Основні технічні дані та характеристики сушарки:

1. Апарат призначений для сушіння розчину нізину;	
2. Продуктивність по випареній волозі, кг/с	0,0022;
3. Продуктивність по сухому продукту	0,0014;
4. Температура теплоносія на вході в сушарку, °C	413;
5. Температура теплоносія на виході з сушарки, °C	353;
6. Масова доля вологи в готовому продукті, %	7;
7. Габаритні розміри	4670×3140×3140;
8. Маса, кг	1850.

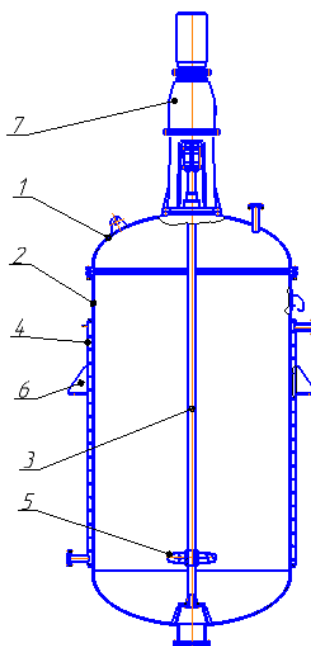
					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		22

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апаратів

3.1 Конструкція і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей

Ферментер

Ферментер схематично зображено на рисунку 3.1. Апарат складається з кришки 1, корпусу 2, валу 3, на якому закріплено перемішуючий пристрій 5, опор 6 та привода 7. Ферментер оснащений оболонкою 3 для підтримання вимог щодо температурного режиму.



1 – кришка; 2 – корпус; 3 – вал; 4 – оболонка;
5 – перемішуючий пристрій; 6 – опора, 7 – привід

Рисунок 3.1 – Схематичне зображення ферментера

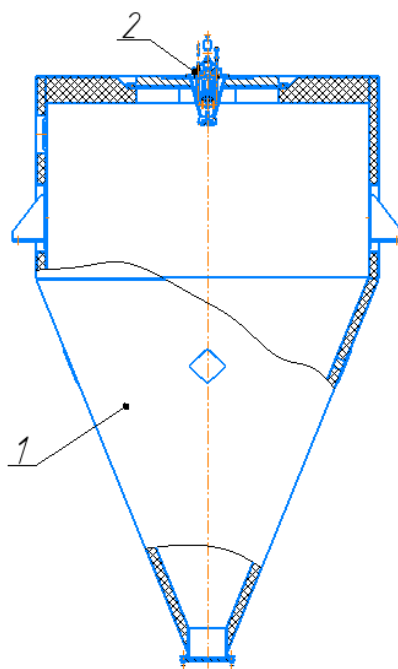
В процесі культивування мікроорганізмів необхідно підтримувати температуру культурального середовища всередині апаратів рівною $28 \pm 1^\circ\text{C}$. Для цього в оболонку апаратів подається охолоджуюча вода з початковою температурою 18°C .

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		23

Принцип дії. В апарат подаються живильне середовище, стерильне середовище, яке містить культуру, вода та інші необхідні компоненти. Для інтенсивного перемішування культурального середовища в ферментері вмонтований вал із турбінною мішалкою. Описана вище конструкція задовольняє поставлені вимоги та забезпечує оптимальні умови процесу для культивування.

Сушарка

Для сушіння таких термолабільних продуктів, як медичні препарати у вигляді розчинів, овочеві соки та пасти найбільш ефективно проявляє себе розпилювальний метод.

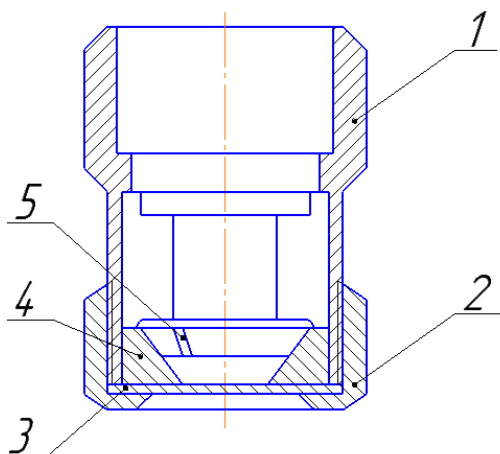


1 – корпус; 2 – розпилюючий пристрій.

Рисунок 3.2 – Схематичне зображення розпилювальної сушарки

Розпилювальні сушарки (рисунок 3.2) складаються з корпусу 1 та розпилюючого пристрою (диспергатора) 2. За кордоном і в нашій країні широкого застосування набули механічні форсунки (рис. 3.3) або дискові розпилювальні пристрої (рисунок 3.4).

Механічна форсунка складається з корпусу 1, кришки 2 і шайби 3. Всередині форсунки встановлений конус 4 з канавками 5, розташованими по дотичній до внутрішньої окружності. Висушуваний продукт проходить по канавках, зберігаючи отриману під дією гідравлічного тиску поступальну швидкість, і набуває тангенціальну (дотичну) швидкість. При виході продукту з отвору форсунки утворюється плівка, яка потім розпадається на окремі краплі.



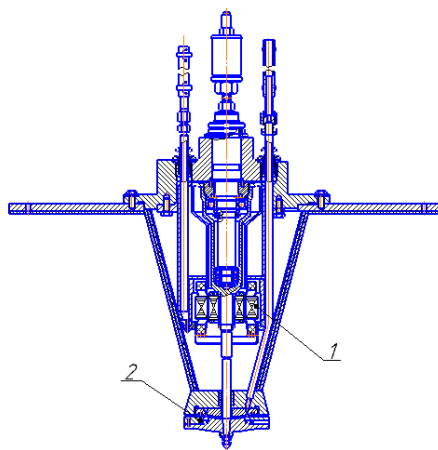
1 – корпус; 2 – кришка; 3 – вал; 4 – конус; 5 – канавка

Рисунок 3.3 – Механічна форсунка

Дисковий відцентровий розпилюючий пристрій оснащений високооборотним електродвигуном 1, за допомогою якого виконується регулювання кількості обертів; стандартним розпилюючим диском 2, який може бути замінений на диск іншого типу, якщо цього буде вимагати технологічний процес. Для досягнення високих оборотів розпилюючого диска (в проекті 150 об/с) двигун живиться від генератора високочастотних імпульсів.

Враховуючи, також, надзвичайно малі розміри крапель розпилу $(25...50) \cdot 10^{-6} \text{ м}$, найкращим рішенням є організація сировини і теплоносія. Цим ми досягаємо зменшення конвекції в сушильній камері, створюємо умови, за яких по мірі висушування матеріал опускається в ділянки сушильної камери, де температура теплоносія також планомірно зменшується.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		25



1 – двигун; 2 – диск

Рисунок 3.4 – Дісковий розпилюючий пристрій

3.2 Порівняння основних показників розроблених конструкцій апаратів з аналогами

В даній магістерській дисертації розробляються конструкції ферментера та сушарки. Метою огляду є визначення актуальності розроблюваних апаратів, на сьогоднішньому етапі розвитку науки та техніки, актуальність розроблюваних апаратів на світовому рівні, та на рівні України.

Ферментер

На сьогоднішній час процеси ферментації класифікують за такими ознаками:

- 1) за методом перебігу процесу (аеробний, анаеробний);
- 2) за часом перебігу процесу (періодичний, періодичний з підживленням, об'ємно-додавальний, безперервний);
- 3) твердофазна ферментація (поверхнева, глибинна і в перемішуваному та аерованому середовищі) або ж ферментація в рідкому середовищі (поверхнева або глибинна).

Для кожного виду процесу ферментації розроблені різноманітні конструкції ферментерів.

З метою інтенсифікації масо- та енергообміну клітин із середовищем розроблено апарати глибинної ферментації. Проте ці апарати мають більш складну конструкцію.

З точки зору конструктивних особливостей ферментери розрізняються способами підведення енергії і аерації середовища:

- 1) ферментери з підведенням енергії до газової фази;
- 2) ферментери з підведенням енергії до рідкої фази;
- 3) ферментери з комбінованим підведенням енергії.

В апаратах з підведенням енергії до газової фази аерація і перемішування субстрату відбувається стисненням повітрям.

До таких апаратів відносять:

1) барботажні ферментери. Подача повітря в апаратах даного типу відбувається через барботажні пристрої, які розташовані в нижній частині апарату.

2) апарати з дифузором. Перемішування субстрату з повітрям, що надходить по розподільчим трубам в них, відбувається в нижній частині ферментера за допомогою внутрішнього циліндр-дифузора;

3) трубчаті ферментери. Під дією потоку повітря рідина циркулює по реактору та сепаратору;

4) ферментери з форсуночним розподілом повітря. Повітря в апаратах цього типу подається через форсунки, які розташовані в нижній частині апарату.

5) ферментери колонного типу виконані у вигляді циліндричної колони, яка розділена горизонтальними перегородками на декілька секцій. В таких пристроях повітря барботує через шар рідини кожної тарілки за рахунок руху рідини через кільцеву щілину забезпечується протитоковий рух двох фаз – газової та рідкої.

До ферментерів із підведенням енергії до рідкої фази відносять:

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		27

1) апарати з самовсмогуючою турбіною складаються з циліндричного дифузора та мішалки з порожнистими лопатями та валом. При обертанні мішалки утворюється розрідження, яке призводить до підняття рівня рідини в кільцевому зазорі між дифузором і стінками апарата з подальшим її поверненням в дифузор;

2) ферментер з турбоежекторними перемішуючими пристроями. Ці пристрої розділені вертикальними перегородками на декілька секцій. В кожній секції розташовано ежектор та дифузор. Переміщення рідини з однієї із секцій в іншу відбувається через вікна в перегородках.

Ферментери з комбінованим підведенням енергії представляють собою циліндричну посудину, всередині якої розташована механічна мішалка та барботер. В апаратах даного типу підведення енергії до газової фази здійснений для аерації, а до рідкої фази – для перемішування. Перемішування в даних ферментерах відбувається трьома методами.

Апарати з механічним перемішуванням забезпечені механічною мішалкою. Аерація відбувається шляхом барботажу. З метою розбризкування повітря поряд з барботером встановлено механічний вібратор.

Апарати з пневматичним перемішуванням. Перемішування та аерацію посилюють за допомогою перфорованих дисків, що обертаються або придонних гвинтів. Такі апарати можуть бути також доповнені дифузором.

В апаратах з циркуляційним перемішуванням рідина циркулює по замкнутому контуру. Рух субстрату надає насос чи інший аналогічний пристрій. Ферментери виконані у вигляді циліндра [5].

Процес ферментації нізину передбачає застосування анаеробного методу культивування середовища, тому слід забезпечити інтенсивне перемішування середовища шляхом встановлення механічного перемішуючого пристрою турбінного типу, що доведено розрахунками в п.4.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
						28
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика мішалок

Основні технологічні показники	Гвинтова	Турбінна відкрита	Турбінна закрита
Вартість, грн(бали)	10000(4)	12400(3)	15190(2)
Витрати потужності, кВт(бали)	6(2)	5(3)	4,5(4)
Частота обертів, об/с (бали)	6,3(1)	4(2)	3(4)
Діаметр перемішуючого пристрою, м (бали)	0,4(4)	0,4(4)	0,4(4)
Маса мішалки, кг (бали)	2,3(4)	7,2(3)	17(2)
Сума балів	15	15	16

Перевагами обраної конструкції мішалки є менші витрати потужності на перемішування, порівняно з іншими типами швидкохідних мішалок. Якщо розглядати гвинтову та турбінні мішалки (закриту та відкриту) з однаковими діаметрами, вони мають різну витрату потужності, у турбінної закритої вона менша.

Висновки: враховуючи, що ферментер з турбінною закритою мішалкою, який проектується, набрав більше балів порівняно з іншими, то доцільно використовувати обраний варіант.

Сушарка

Виходячи з таблиці 3.2, на відміну від форсуночних розпилювачів, дискові розпилюючі пристрої мають значно вищі показники крапель розпилу, та рівномірності факела розпилу, при цьому змінюючи кількість обертів диска, існує

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		29

можливість сушіння розчинів з різними фізичними властивостями (густина, кінематична в'язкість). Для форсункового розпилювача це зробити майже неможливо [5].

Таблиця 3.2 Порівняльна характеристика сушарок

Основні технологічні показники	Сушарка з дисковим розпилювачем	Сушарка з форсуночним розпилювачем
Рівномірність розпилу, (бали)	Так (4)	Ні (2)
Регулювання продуктивності, (бали)	Так (4)	Ні (2)
Надійність роботи, (бали)	Так (4)	Ні (2)
Відсутність засмічення (бали)	Так (3)	Ні (2)
Сума балів	15	8

Висновки: Враховуючи, що розпилювальний пристрій до сушарки, яка проектується, набрав найбільше балів, то доцільно використовувати обраний варіант.

3.3 Вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів

Ферментер

Вибір конструкційного матеріалу обумовлений умовами експлуатації проектного елемента (температура, характер агресивного впливу середовища, величина та циклічність навантаження та ін.).

Обичайки, днища, кришки вали та перемішуючі пристрої, які контактують з агресивним середовищем, найчастіше виготовляються зі сталей 12X18H10T ГОСТ 5632-61. Ці сталі використовуються для апаратів, що працюють з агресивним середовищем, яке викликає корозію [6].

В розроблюваному апараті з агресивним середовищем контактують циліндрична обичайка та днище корпусу, а також вал і мішалка. Контакт з парами агресивної речовини більше зношує сталь, ніж контакт з рідиною, тому кришка корпусу теж повинна бути виготовлена з корозійностійкої сталі.

До елементів, які не контактують з агресивним середовищем відносяться: опора, фланці, елементи приводу, кріпильні вироби.

Елементи конструкції, які не контактують з агресивним середовищем, виготовляють з таких сталей:

- Сталь 20 ГОСТ 5520-62. Температура контактуючого середовища $t=+10...+100^{\circ}\text{C}$, тиск не більше 1,6 МПа. Використовується для виготовлення плоских фланців корпусів апаратів, штуцерів та трубопроводів [6].

Сушарка

Враховуючи вимоги, обираємо для обичайки, днища, кришки, трубок, штуцерів та трубних решіток вуглецеву конструкційну сталь для металевих конструкцій звичайного типу ВСт3пс (загальні технічні вимоги визначені ГОСТ 2590-71) [6].

Вуглецева конструкційна сталь звичайної марки отримала широке розповсюдження в хімічній промисловості. Ці марки відрізняються підвищеними міцнішими якостями. Такі сталі мають добру пластичність, високе значення ударної в'язкості, а також добру зварюваність. Тому при виготовленні апаратури доцільно застосовувати звичайні марки вуглецевих сталей, оскільки це дозволяє зменшити товщину стінки апарату і тим самим зменшити його масу, тобто економно використати матеріал.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		31

Всі кріпильні вироби (болти, гайки, шайби) необхідно виготовити зі Сталі 35 ГОСТ 5632-72. Оскільки апарат працює при невисокому тиску і досить невеликій температурі, а середовище не агресивне, то для ущільнення фланцевих з'єднань використовуємо паронітові прокладки [6].

3.4 Патентний огляд конструкцій основного обладнання установки

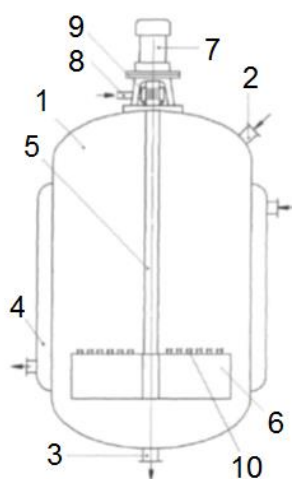
Предметом патентного пошуку є: ферментер і сушарка.

Результати патентних досліджень:

Ферментер

Ферментер [37].

Схематично зображений на рисунку 3.3. Ферментер складається із корпусу 1 із патрубками подачі 2 і вивантаження 3, оболонки 4, перемішувального пристрою, який включає вал 5 перемішувального пристрою, виконаний порожнистим із перфорацією у верхній частині, а система барботування виконана у вигляді додаткових форсунок 10, розташованих у верхній частині лопатей 6, а



1 – корпус; 2 – патрубок подачі середовища; 3 – патрубок вивантаження середовища; 4 – оболонка; 5 – вал; 6 – лопать; 7 – привод;

8 – трубопровід подачі повітря; 9 – манжетний елемент; 10 – форсунка.

Рисунок 3.3 – Ферментер

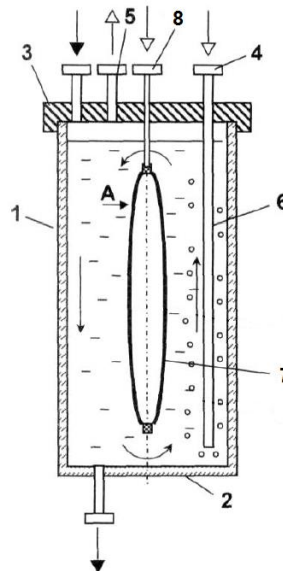
					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		32

також приводу 7, розташованого за межами корпусу, системи аерації, яка включає трубопровід подачі повітря 8, манжетного елемента 9, розташованого у верхній частині порожнистого вала в зоні перфорації.

До недоліків слід віднести складність виготовлення порожнинних елементів перемішуючого пристрою, їх монтажу та ремонтних робіт. Також можливі втрати показників міцності та жорсткості порожнинних елементів у робочому стані.

Ферментер [38].

Схематично зображений на рисунку 3.4. Ферментер містить виконаний з прозорого матеріалу вертикальний циліндричний корпус 1, днище 2, кришку 3, патрубки для подачі 4 і відведення 5 повітря, барботер 6 для розподілу повітря в оброблюваній рідині, а також вертикальну перегородку 7, встановлену з можливістю контакту з внутрішньою поверхнею корпусу 1 та проходу оброблюваної рідини в її верхній й нижній частинах. Вертикальну перегородку 7 при цьому по товщині виконано з герметично з'єднаних по периферії двох еластичних частин, простір між якими сполучено з пневмомагістраллю 11.



- 1 – корпус; 2 – днище; 3 – кришка; 4 – патрубок подачі повітря;
5 – патрубок відведення повітря; 6 – барботер; 7 – перегородка;
8 – пневмомагістраль.

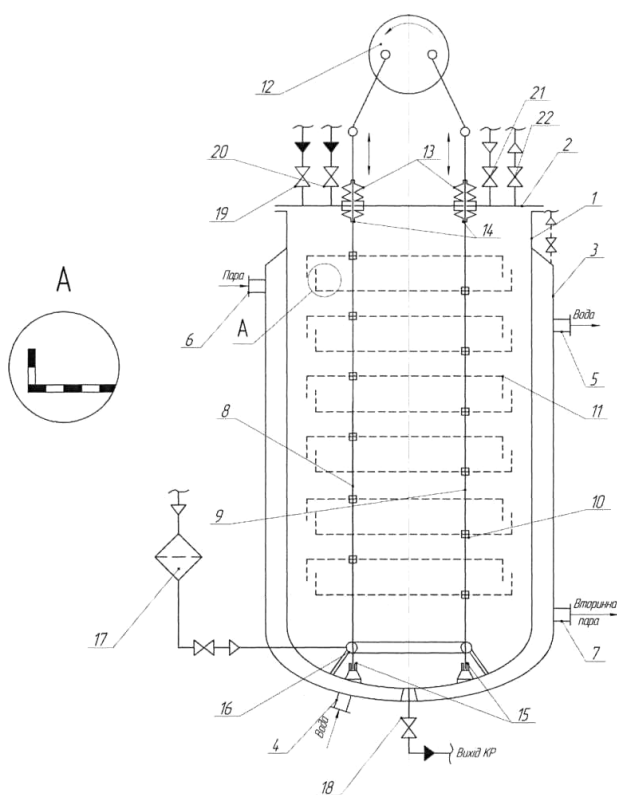
Рисунок 3.4 – Ферментер

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		33

Недоліком конструкції є утворення вздовж кріплення перегородки до корпусу "мертвих" зон, де циркуляції оброблюваної рідини майже не відбувається внаслідок запропонованого типу перемішування – барботування.

Ферментер з протифазним вібраційним перемішуванням [39].

Схематично зображений на рисунку 3.5. Апарат складається з корпусу 1, кришки 2 та теплообмінної сорочки 3, на якій встановлені штуцери 4 та 5 для подачі та відведення води та штуцери 6 та 7 для подачі пари та відведення вторинної пари відповідно.



- 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – теплообмінна сорочка; 4 – штуцер подачі води;
 5 – штуцер відведення води; 6 – штуцер подачі пари; 7 – штуцер відведення
 вторинної пари; 8,9 – шток; 10 – маточина; 11 – тарілка; 12 – кулісний механізм;
 13,14 – сільфон; 15 – напрямна; 16 – барботажний пристрій;
 17 – фільтр; 18 – злив; 19 – штуцер подачі поживного середовища;
 20 – штуцер подачі посівного матеріалу; 21 – штуцер подачі пари;
 22 – штуцер відведення відпрацьованого повітря.

Рисунок 3.5 – Ферментер з протифазним вібраційним перемішуванням

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		34

Всередині апарату розміщені штоки 8 та 9, маточини 10 та закріплені тарілки 11 з перфорацією. Штоки 8 та 9 переміщуються вздовж вертикальної осі та 40 приводяться у рух за допомогою кулісного механізму 12. Герметичність з'єднання кришки 2 та штоків 8 та 9 забезпечується за допомогою сильфонів 13 та 14, а жорсткість конструкції підтримується напрямними 15, в які входять хвостовики штоків. В апараті встановлений барботажний пристрій 16. Для стерилізації повітря використовується фільтр 17. Розвантаження ферментера здійснюється через нижній злив з вентилем 18. Через штуцери 19 і 20 у ферментер 45 подається поживне середовище та посівний матеріал відповідно. Через 21 і 22 у ферментер подається пара і відводиться відпрацьоване аераційне повітря відповідно.

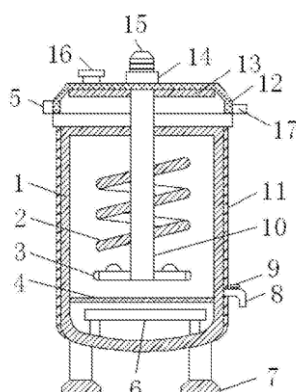
До основних недоліків можна віднести велику кількість конструкційних елементів, що ускладнює процес мийки і дезінфекції внутрішньої порожнини ферментера; наявність великої кількості рухомих контактних елементів, що віщує про швидке зношування окремих деталей та вузлів конструкції.

Ферментер фотосинтетичної культури [40].

Схематично зображений на рисунку 3.6. У ферментер фотосинтетичної культури, що містить корпус 1 і нерухомо з'єднану з ним кришку 12, при чому у верхній частині кришки закріплена труба 13, через штуцер 16 подаються необхідні складові для ферментації, через сепаратор 4 нагріваються нагрівальною трубкою 6; перемішування культуральної рідини забезпечує двигун 15, що через редуктор 14 передає крутний момент на вал 10, на якому нерухомо приєднані зовнішня мішалка 2 та внутрішня мішалка 3; кришка 12 з однієї сторони має контролер 5 для контролю за температурою, а з другої – віддушину 17 для відводу газів; по всій площині корпусу 1 розташовано ізоляційний шар 11, а в нижній частині корпусу нерухомо закріплено опорні ніжки 7; апарат спустошують через випускний штуцер 8, який має клапан 9.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		35

До недоліків можна віднести використовуваний спосіб підігріву в апараті. При даному способі підігріву нагрівається лише нижня частина середовища в апараті, в той час як верхній шар середовища в апараті залишається охолодженим.

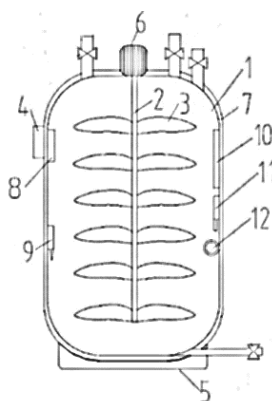


1 – корпус; 2 – зовнішня мішалка; 3 – внутрішня мішалка; 4 – сепаратор,
5 – контролер; 6 – нагрівальна труба; 7 – опорна ніжка; 8 – випускний штуцер;
9 – клапан; 10 – вал; 11 – ізоляційний шар; 12 – верхня кришка;
13 – труба; 14 – редуктор; 15 – двигун; 16 – штуцер; 17 – віддушина.

Рисунок 3.6 – Фотосинтетичний ферментер

Ферментатор для бродіння мікроорганізмів [41].

Схематично зображено на рисунку 3.7. Ферментаційний апарат, що містить корпус 1, двигун 6, який обертає вал 2, на котрому розташовані лопаті 3; в нижній



1 – корпус; 2 – вал; 3 – лопать; 4 – контролер; 5 – нагрівач; 6 – двигун;
7 – ізоляційний шар; 8 – датчик тиску; 9 – датчик кислотності; 10 – датчик рівня
рідини; ; 11 – датчик кисню; 12 – датчик температури.

Рисунок 3.7 – Ферментатор для бродіння мікроорганізмів

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		36

частині корпусу 1 розташовано підігрівач 5; апарат забезпечений контролером 4, який знаходиться з зовнішньої сторони стінки корпусу 1; з внутрішньої сторони стінки корпусу 1 розміщені датчик тиску 8, датчик кислотності 9, датчик рівня рідини 10, датчик кисню 11 і датчик температури 12; для покращення процесу ферментації апарат забезпечений ізоляційним шаром 7.

Недоліком даної конструкції є відсутність підігріву верхньої частини апарату.

Висновок: в результаті патентного пошуку встановлено, що сучасні тенденції покращення ферментерів направлені на рівномірну гоменізацію середовища, оптимізацію масообміного процесу. В запропонованій конструкції апарата не використовуються технічні рішення, захищені правами інтелектуальної власності, а отже апарат є патентно чистим. Регламент патентного пошуку наведено в Додатку В.

В основу модернізації покладено задачу зменшення гідравлічного опору турбінної мішалки.

Сушарка

Барабанна сушарка [42].

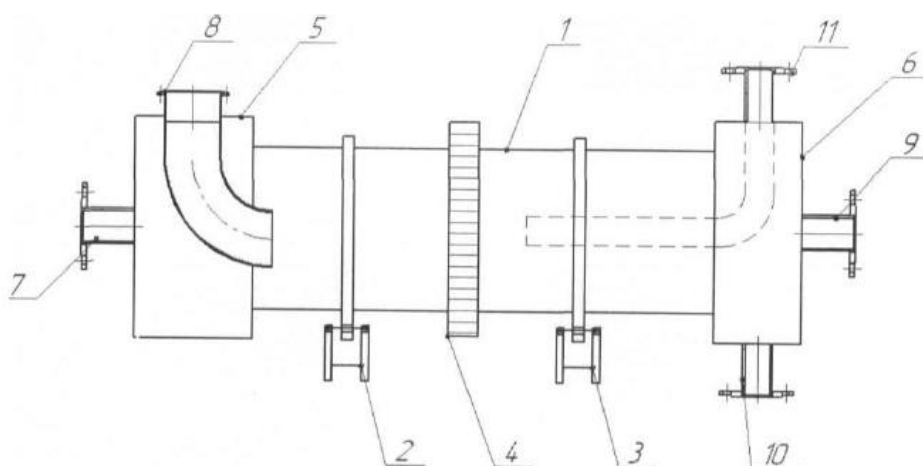
Схематично зображено на рисунку 3.8. Барабанна сушарка являє собою циліндричний барабан 1, циліндр опирається на опорні та упорні ролики 2, 3. За допомогою привідної станції 4, через вінцеву шестірню, яка прикріплена до барабана, він обертається. З обох боків циліндричного барабана прикріплені бункери 5 та 6. Для завантаження матеріалу встановлено штуцер для подачі матеріалу 8, з того ж боку встановлений штуцер відводу теплоносія 7. З протилежного боку барабана встановлено бункер 6, зверху якого міститься допоміжний штуцер 11 для подачі додаткового сушильного агента всередину барабанної сушарки, а знизу є вивантажувальний штуцер 10. Посередині бункера 6, співвісно з циліндричним барабаном встановлено штуцер 9 для подачі

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		37

теплоносія. Барабанна сушарка працює наступним чином. Матеріал через штуцер 8 подається до циліндричного барабана. Барабан обертається за рахунок привідної станції 4, вінцевої шестірні, яка закріплена на барабані. Після висушування матеріал потрапляє в бункер 6, з якого видаляється через вивантажувальний штуцер 10.

Сушильний агент потрапляє в циліндричний барабан через штуцер 9, де, контактуючи з 50 рівномірно розподіленим по перерізу циліндричного барабана вологим матеріалом, нагріває його та випаровує з нього вологу. Для збільшення ефективності сушіння через допоміжний штуцер 11 всередину циліндричного барабана подається додатковий сушильний агент. Суміш відпрацьованих сушильних агентів відводиться через штуцер 7.

Недоліки апарата: громіздкість конструкції, забруднення продуктів золою з топки, налипання вологого матеріалу на внутрішню поверхню і насадки барабана.



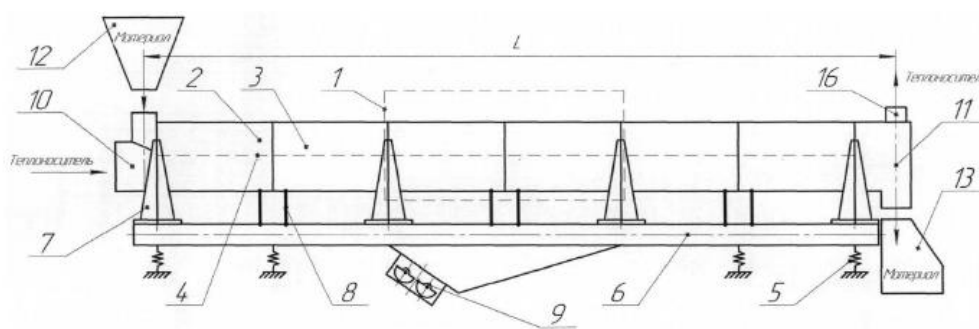
- 1 – циліндричний барабан; 2,3 – опорний та упорний ролик; 4 – привідна станція;
 5,6 – бункер; 7 – штуцер відводу теплоносія; 8 – штуцер подачі матеріалу; 9 –
 штуцер подачі теплоносія; 10 – вивантажувальний штуцер;
 11 – допоміжний штуцер.

Рисунок 3.8 – Барабанна сушарка

Вібраційна сушарка [43].

Схематично зображено на рисунку 3.9. Апарат складається з модулю 1 з основною 2 і додатковою 3, зв'язаними сполучно і рухливо, робочими камерами, в яких знаходиться газорозподільна решітка 4; розташовану на пружних елементах 5 несучу раму 6, на якій закріплені кронштейни 7, компенсуючі ресори 8 та віброзбуджувач 9; завантажувальний 10 і розвантажувальний 11 вузли стикування з бункером початкового 12 та готового 13 матеріалу.

Недоліки апарата: велика металоємність апарата, тривалий контакт матеріалу з тепловим агентом.



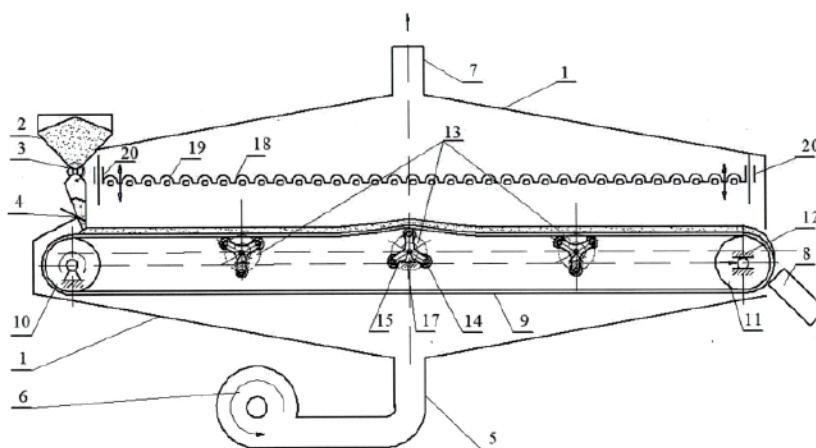
- 1 – модуль; 2 – основна камера; 3 – додаткова камера; 4 – газорозподільча решітка; 5 – пружинний елемент; 6 – несуча рама; 7 – кронштейн;
8 – компенсуючий ресор; 9 – віброзбуджувач; 10 – завантажувальний вузол;
11 – розвантажувальний вузол; 12 – бункер початкового матеріалу;
13 – бункер готового матеріалу.

Рисунок 3.9 – Вібраційна сушарка

Радіаційна стрічкова сушарка [44].

Схематично зображено на рисунку 3.10. Апарат складається з корпусу 1 із завантажувальним бункером 2, що має ротаційний живильник 3 з приводом (не показаний) і шибер 4, пристрій 5 з вентилятором 6 для підведення повітря, пристрій для відведення теплоносія у вигляді патрубку 7, пристрій 8 для вивантаження висушеного матеріалу. В середині корпусу 1 встановлений стрічковий транспортер, який складається з гнучкої транспортерної стрічки 9, привідного барабана 10 і натяжного барабана 11. Натяжний барабан 11 виконаний з можливістю

горизонтального переміщення впродовж напрямних 12 для компенсації зміни довжини стрічки 9. Стрічковий транспортер обладнаний роторами 13 для перетрушування сировини, які розміщені під транспортерною стрічкою поміж привідним барабаном 10 і натяжним барабаном 11. Кожний ротор 13 містить циліндричні ролики 14, довжина яких дорівнює ширині транспортерної стрічки 9, з паралельними осями, які закріплені з можливістю вільного обертання навколо своєї осі на периферії торцевих щоківин 15, через центри яких проходить горизонтальний вал 16 з електромеханічним приводом (не показаний), розташований паралельно 5 циліндричним роликам 14 і розміщений в підшипникових опорах 17, закріплених в корпусі 1 сушарки. Над транспортерною стрічкою 9 на рамі 18 встановлені радіаційно-інфрачервоні випромінювачі 19, які забезпечені механізмом 20 їх переміщення і фіксації у вертикальній площині.



1 – корпус; 2 – завантажувальний бункер; 3 – ротаційний живильник;
 4 – шибер; 5 – пристрій підведення повітря; 6 – вентилятор; 7 – патрубок для відводу теплоносія; 8 – пристрій для вивантаження матеріалу; 9 – гнучка транспортерна стрічка; 10 – привідний барабан; 11 – натяжний барабан;
 12 – напрямна; 13 – ротор; 14 – циліндричний ролик; 15 – торцева щокovina; 16 – вал; 17 – підшипникова опора; 18 – рама; 19 – випромінювач;
 20 – механізм переміщення і фіксації.

Рисунок 3.10 – Радіаційна стрічкова сушарка

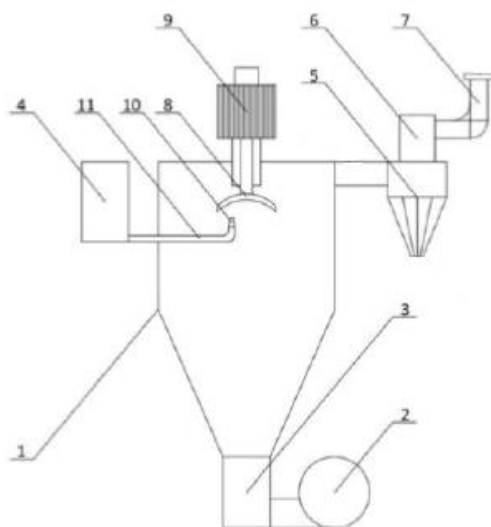
Недоліки апарата: складність конструкції; складність очистки; дороге технічне обслуговування апарата.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		40

Розпилювальна сушарка для виробництва білкового порошку [45].

Схематично зображено на рисунку 3.11. Апарат, включає корпус 1, вентилятор 2, повітрянагрівач 3, бункер для суспензії 4, циклонний сепаратор 5, фільтр 6 і витяжну трубу 7, оснащений двигуном 9, що обертає пластину 8 з високою швидкістю; з бункеру 4 суспензія по трубопроводу 11 подається до розпилювальної головки 10, з якої суспензія вилітає на шаленій швидкості і пластини 8 розбризкують порошок.

Недоліки: складність очистки верхньої частини сушарки.



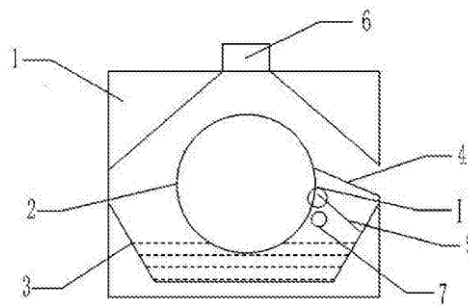
1 – корпус; 2 – вентилятор; 3 – повітрянагрівач; 4 – бункер суспензії;
5 – сепаратор; 6 – фільтр; 7 – витяжна труба; 8 – обертова пластина;
9 – двигун; 10 – розпилююча головка; 11 – трубопровід.

Рисунок 3.11 – Розпилювальна сушарка для виробництва білкового порошку

Барабанна сушарка [46].

Схематично зображено на рисунку 3.12. Апарат складається з корпусу 1, всередині якого над жолобом 3 міститься циліндрична камера 2, з торцевою пластиною 5 та перегородкою 7. Відпрацьоване повітря виходить з апарата через штуцер відводу 6, через розвантажувальний отвір 4 апарат спустошують.

Недоліки апарата: велика металоємність, складність очищення.



1 – корпус; 2 – циліндрична камера; 3 – жолоб; 4 – розвантажувальний отвір;
5 – торцева пластина; 6 – штуцер відводу повітря; 7 – перегородка.

Рисунок 3.12 – Барабанна сушарка

Висновок: в результаті патентного пошуку встановлено, що сучасні тенденції інтенсифікації сушильних процесів направлені на збільшення сушильної площі або рушійної сили процесу сушіння. Регламент патентного пошуку наведено в Додатку В.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		42

4 Розрахунки, що підтверджують працездатність і надійність конструкцій

4.1 Розрахунок ферментера

Метою розрахунку є визначення основних конструктивних та енергетичних показників ферментера, призначеного для виробництва нізину.

4.1.1 Визначення основних геометричних розмірів ферментера

Метою розрахунку є вибір робочого об'єму та геометричних розмірів ферментера, а також визначення продуктивності апарата та кількості апаратів для забезпечення заданої продуктивності.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.1

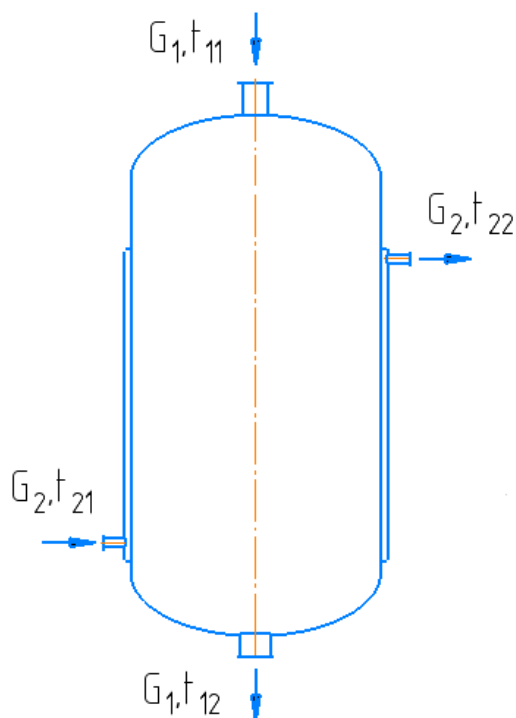


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема апарата

Задана продуктивність $G=40$ тонн/рік. Приймається час роботи цеху $\tau=330$ днів на рік.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		43

Обираємо ферментер стандартного типорозміру у вигляді вертикального циліндричного апарату ВЕЕ з повним об'ємом 6,3 м³ [7].

Приймаємо коефіцієнт заповнення ферментера $\varphi=0,7$.

Вихідні дані:

задана продуктивність G_3 , тонн/рік	40;
об'єм ферментера $V_{\text{заг}}$, м ³	6,3;
тривалість циклу τ , год	10;
коефіцієнт заповнення φ	0,7;

Тоді об'єм середовища всередині апарата (робочий об'єм ферментера) дорівнює:

$$V_p = V_{\text{заг}} \cdot \varphi = 6,3 \cdot 0,7 = 4,41 \text{ м}^3.$$

Маса культуральної суміші, отриманої за цикл роботи ферментера:

$$m = V_p \cdot \rho = 4,41 \cdot 1024 = 4518 \text{ кг},$$

де $\rho=1024 \text{ кг/м}^3$ – густина суміші.

Загальна маса нізину, який продукують мікроорганізми в культуральному середовищі:

$$m_n = V_p \cdot \gamma = 4,41 \cdot 12 = 52,92 \text{ кг},$$

де $\gamma=12 \text{ г/л}$ – вміст нізину в культуральному середовищі [8].

Продуктивність апарата:

$$G_1 = \frac{m_n}{\tau \cdot 3600} = \frac{52,92}{10 \cdot 3600} = 1,47 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Річна продуктивність ферментера:

$$G_p = G_1 \cdot z \cdot 24 \cdot 3600 = 1,47 \cdot 10^{-3} \cdot 330 \cdot 24 \cdot 3600 = 41,91 \frac{\text{т}}{\text{рік}},$$

де $z=330$ робочих днів у календарному році.

Необхідна кількість ферментерів:

$$n = \frac{G_3}{G_p} = \frac{40}{41,91} = 0,954 \text{ одиниць}.$$

Отже приймаємо 1 ферментер з корпусом за апарат з еліптичним відборттованим днищем номінальною ємністю 6,3 м³:

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
						44
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

внутрішній діаметр D , м	1,6;
висота циліндричної частини L , м	2,605;
внутрішня площа поверхні F , м ²	18,6.

Еліптичні днища для апаратів з діаметром 1,6м [9, с. 440]:

висота еліптичної (опуклої) частини $H_{\text{ел}}$, м	0,4 м;
висота відбортовки h , м	0,04;
ємність днища $V_{\text{дн}}$, м ³	0,617.

Об'єм рідини в циліндричній частині $V_{\text{рц}}$ у ферментері:

$$V_{\text{рц}} = V_{\text{р}} - V_{\text{дн}} = 6,3 - 0,617 = 3,793 \text{ м}^3.$$

Тоді висота рідини в циліндричній частині ферментера дорівнює:

$$H_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{рц}}}{\pi \cdot \frac{D^2}{4}} = \frac{3,793}{3,14 \cdot \frac{1,6^2}{4}} = 1,887 \text{ м.}$$

Загальна висота рідини всередині ферментера:

$$H_{\text{р}} = H_{\text{рц}} + h + H_{\text{ел}} = 1,902 + 0,025 + 0,4 = 2,327 \text{ м.}$$

Висновок: обрано ферментер у вигляді вертикального циліндричного апарата з еліптичною кришкою та днищем типу ВЕЕ, об'ємом 6,3 м³. Розраховано продуктивність ферментера, виходячи з заданої потужності виробництва прийнято три ферментера номінальним об'ємом 6,3 м³. Вибрані корпуси за ГОСТ 9931-85 [6], днища за ГОСТ 6533-78 [10]. Визначена висота рідини у ферментері.

4.1.2 Розрахунок потужності привода при перемішуванні

Метою розрахунку є визначення частоти обертання мішалки, потужності, що споживається ферментером на перемішування, а також вибір привода.

Схема до розрахунку зображена на рисунку 4.2.

Вихідні дані:

діаметр апарата D , м	1,6;
густина суміші ρ , кг/м ³	1024;

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		45

коефіцієнт динамічної в'язкості μ , Па·с

$1,024 \cdot 10^{-3}$;

середній діаметр частинок твердої фази $d_{\text{ч}}$, м

$100 \cdot 10^{-6}$.

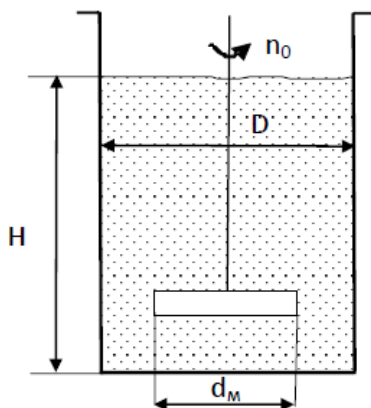


Рисунок 4.1 – Схема до розрахунку потужності приводу

Розрахунок потужності приводу для забезпечення заданої продуктивності ферментера виконано за методикою наведеною у літературі [9, с. 702].

Діаметр мішалки визначаємо наступним чином:

$$d_{\text{м}} = \frac{D}{4} = \frac{1,6}{4} = 0,4 \text{ м.}$$

Ширина лопаті мішалки:

$$b = 0,2 \cdot d_{\text{м}} = 0,2 \cdot 0,4 = 0,08 \text{ м.}$$

Висота лопатевої мішалки:

$$h = 0,5 \cdot d_{\text{м}} = 0,5 \cdot 0,4 = 0,2 \text{ м.}$$

Значення приведенного критерію Рейнольдса при перемішуванні суміші розраховується за виразом:

$$Re_{\text{пр}} = \frac{n_0 \cdot d_{\text{м}}^2 \cdot \rho}{\mu} = C \cdot Ga^k \cdot \left(\frac{\rho_{\text{ТВ}}}{\rho} \right)^l \cdot \left(\frac{d_{\text{ч}}}{d_{\text{м}}} \right)^m \cdot \left(\frac{D}{d_{\text{м}}} \right)^n,$$

де $Ga = \frac{d_{\text{м}}^3 \cdot \rho^2 \cdot g}{\mu^2}$ – критерій Галілея;

$d_{\text{ч}}$ – діаметр твердих частинок, м;

$\rho_{\text{ТВ}}$ – густина твердої фази, кг/м³.

Значення коефіцієнта C і показників степенів зведено до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – До визначення критерію Рейнольдса

Тип мішалки	C	k	l	m	n
Турбінна	0,25	0,57	0,37	0,33	1,15

Критерій Галілея:

$$Ga = \frac{d_M^3 \cdot \rho^2 \cdot g}{\mu^2} = \frac{0,4^3 \cdot 1024^2 \cdot 9,81}{(1,024 \cdot 10^{-3})^2} = 6,283 \cdot 10^{11},$$

тоді

$$Re_{пр} = C \cdot Ga^k \cdot \left(\frac{\rho_{ТВ}}{\rho}\right)^l \cdot \left(\frac{d_q}{d_M}\right)^m \cdot \left(\frac{D}{d_M}\right)^n =$$

$$= 0,25 \cdot (6,283 \cdot 10^{11})^{0,57} \cdot \left(\frac{1233}{1024}\right)^{0,37} \cdot \left(\frac{100 \cdot 10^{-6}}{0,4}\right)^{0,33} \cdot \left(\frac{1,6}{0,4}\right)^{1,15} = 4,533 \cdot 10^5.$$

Розраховуємо визначальне число обертів мішалки n_0 , по якому прийнято оцінювати ефективність перемішування:

$$n_0 = Re_{пр} \cdot \frac{\mu}{d_M^2 \cdot \rho} = 4,533 \cdot 10^5 \cdot \frac{1,024 \cdot 10^{-3}}{0,4^2 \cdot 1024} = 2,832 \frac{\text{об}}{\text{с}} = 170 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Приймаємо число обертів мішалки $n=3$ об/с і зробимо перерахунок критерію Рейнольдса:

$$Re_{ц} = \frac{n \cdot d_M^2 \cdot \rho}{\mu} = \frac{3 \cdot 0,4^2 \cdot 1024}{1,024 \cdot 10^{-3}} = 4,802 \cdot 10^5.$$

Потужність, що витрачається на перемішування середовища в апаратах: при $H_p \approx D$ визначається за виразом:

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_M^5 = 0,81 \cdot 1024 \cdot 3^3 \cdot 0,4^5 = 229,425 \text{ Вт},$$

де K_N – критерій потужності.

Графік для визначення критерія потужності K_N наведено на рисунку 4.2.

Критерій потужності $K_N = 0,81$ при $Re_{ц} = 4,802 \cdot 10^5$.

Оскільки висота рідини всередині апарата більша за його діаметр, то кінцева потужність, необхідна на перемішування середовища, розраховується за виразом:

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		47

$$N = K_H \cdot N = \left(\frac{H_p}{D}\right)^{0,5} \cdot N = \left(\frac{2,327}{1,6}\right)^{0,5} \cdot 229,425 = 276,675 \text{ Вт.}$$

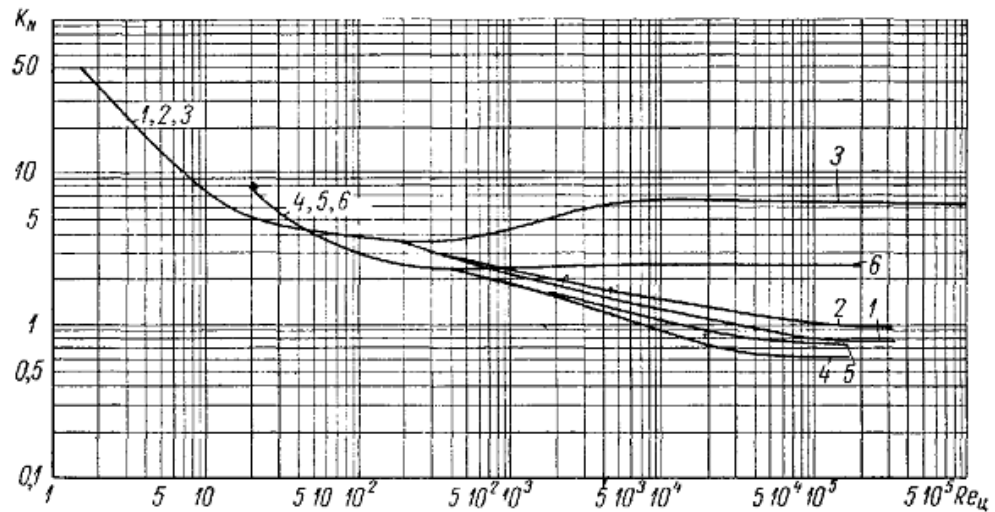


Рисунок 4.2 – Графік залежності для визначення K_N турбінних перемішуючих пристроїв [9, стр. 707]

Висновок: у довідковій літературі [9] приймаємо найближчий привод з наступними даними: привод 4-1,5-18,8 МН 5855–66. Потужність електродвигуна достатня для того, щоб забезпечити перемішування суміші з частотою обертання валу 180 об/хв.

4.1.3 Розрахунок теплового навантаження ферментера

Метою розрахунку є визначення теплового потоку, який необхідно відводити водою під час роботи ферментера.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.8.

Вихідні дані:

маса сухого знежиреного молока m_m , кг 99;

маса сироватки m_c , кг 127;

час роботи ферментера τ , год 10.

Розрахунок теплового навантаження ферментера здійснено за методикою наведеною в літературі з [11, с.48].

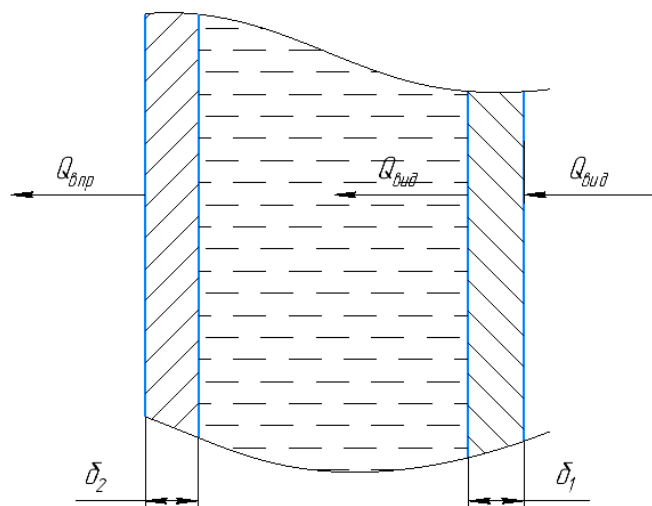
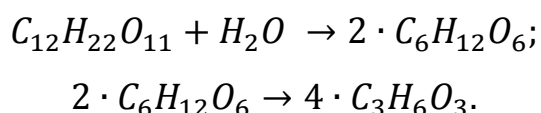


Рисунок 4.8 – Схема до розрахунку теплового навантаження ферментера

Відомо, що гомоферментативне молочнокисле бродіння – процес анаеробного окислення вуглеводів, кінцевим продуктом при якому виступає молочна кислота, яка становить не менше 90% усіх продуктів бродіння. Визначаємо масу сухої лактози, що перетворюється в молочну кислоту в процесі бродіння:

$$m_{\text{л}} = 0,9 \cdot (w_{\text{м}} \cdot m_{\text{м}} + w_{\text{с}} \cdot m_{\text{с}}) = \\ = 0,9(0,523 \cdot 99 + 0,654 \cdot 127) = 121,4 \text{ кг.}$$

Рівняння реакції утворення молочної кислоти:



Теплоту реакції визначають згідно закону Гесса:

$$Q_p = \Delta H = H_{\text{п}} - H_{\text{к}},$$

де $H_{\text{п}}$ – сумарна ентальпія продуктів реакції; $H_{\text{к}}$ – сумарна ентальпія речовин, які реагують.

Значення ентальпій речовин і продуктів реакції визначаємо за довідником, кДж/моль:

$$H(C_{12}H_{22}O_{11}) = -2242 \cdot 10^3;$$

$$H(2C_6H_{12}O_6) = -1271 \cdot 10^3;$$

$$H(H_2O) = -285 \cdot 10^3;$$

$$H(4C_3H_6O_3) = -686 \cdot 10^3.$$

Тоді:

$$H_{к1} = -2242 \cdot 10^3 + (-285 \cdot 10^3) = -2,527 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}};$$

$$H_{п1} = 2 \cdot (-1271 \cdot 10^3) = -2,542 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}};$$

$$H_{к2} = 2 \cdot (-1271 \cdot 10^3) = -2,542 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}};$$

$$H_{п2} = 4 \cdot (-686 \cdot 10^3) = -2,744 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}.$$

Підставимо значення:

$$\Delta H_1 = H_{к1} - H_{п1} = -2,527 \cdot 10^6 - (-2,542 \cdot 10^6) = 1,5 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}.$$

$$\Delta H_2 = H_{к3} - H_{п3} = -2,527 \cdot 10^6 - (-2,744 \cdot 10^6) = 2,02 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}.$$

$$Q_p = \Delta H_1 + \Delta H_2 = 1,5 \cdot 10^4 + 2,02 \cdot 10^5 = 2,17 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}.$$

Тепловиділення на один кілограм поживних речовин:

$$Q_{кг} = \frac{Q_p}{M(C_3H_6O_3)} = \frac{2,17 \cdot 10^5}{0,09} = 2,411 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

Кількість теплоти, що виділяється культурою:

$$Q_{вид} = \frac{m_{л} \cdot Q_{кг}}{3600 \cdot \tau} = \frac{121,4 \cdot 2,411 \cdot 10^6}{3600 \cdot 10} = 8,129 \cdot 10^3 \text{Вт}.$$

Загальна кількість теплоти, що відводиться через поверхню теплообміну.

$$Q_v = N + Q_{вид} = 276,675 + 8,129 \cdot 10^3 = 8,406 \cdot 10^3 \text{Вт}.$$

Висновок: Тепловий потік, який необхідно відводити під час роботи ферментера дорівнює $Q_v = 8,406$ кВт. Цей потік необхідно відводити через поверхню теплообміну, яка повинна бути не меншою ніж та, що є в апараті.

4.1.4 Тепловий розрахунок ферментера

Метою розрахунку є визначення площі поверхні теплообміну.

Схема передачі тепла від одного теплоносія іншому через стінку апарата подана на рисунку 4.3.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		50

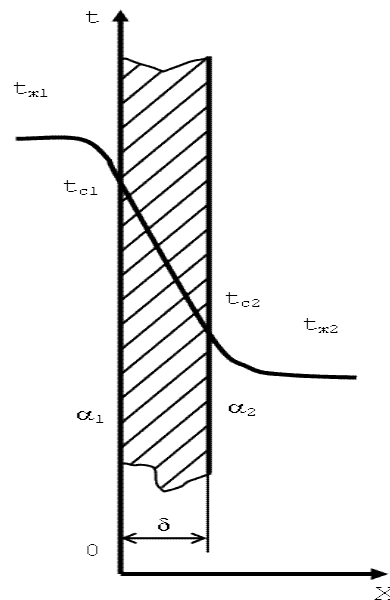


Рисунок 4.3 – Схема теплопередачі через стінку апарата

Вихідні дані:

тривалість процесу охолодження τ , год	10;
тепловий потік Q_v , Вт	8406;
об'єм рідини в апараті V_p , м ³	4,41;
початкова температура суміші t_{11} , °C	28;
кінцева температура суміші t_{12} , °C	28;
температура води на вході t_{21} , °C	18;
температура води на виході t_{22} , °C	27.

На рисунку 4.4 зображено схему температурного режиму.

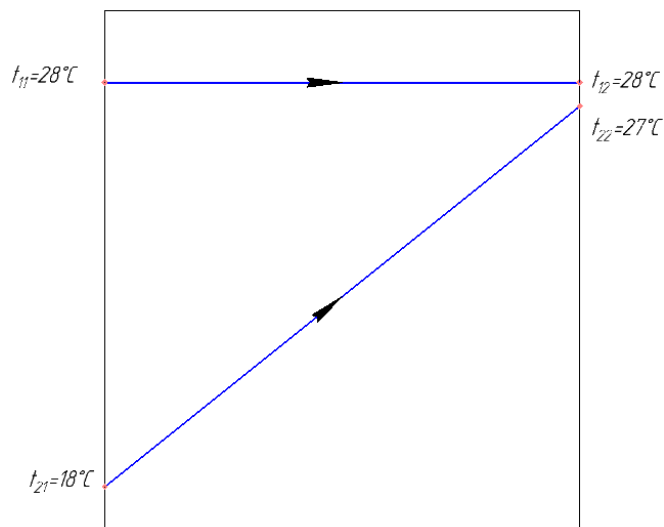


Рисунок 4.4 – Схема температурного режиму

Розрахунок теплового навантаження ферментера здійснено за методикою наведеною в літературі з [12, с. 149].

Знаходимо більшу різницю температур:

$$\Delta t_6 = t_{11} - t_{21} = 28 - 18 = 10^\circ\text{C}.$$

Менша різниця температур:

$$\Delta t_m = t_{12} - t_{22} = 28 - 27 = 1^\circ\text{C}.$$

Середня різниця температур:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}} = \frac{10 - 1}{\ln \frac{10}{1}} = 3,909^\circ\text{C}.$$

Середня температура суміші:

$$t_{cp1} = \frac{t_{11} + t_{12}}{2} = \frac{28 + 28}{2} = 28^\circ\text{C}.$$

Середня температура води:

$$t_{cp2} = t_{cp1} - \Delta t_{cp} = 28 - 3,909 = 24,091^\circ\text{C}.$$

При середній температурі суміші 28°C :

густина ρ_1 , кг/м^3 1024;

коефіцієнт динамічної в'язкості μ_1 , $\text{Па}\cdot\text{с}$ $1,024 \cdot 10^{-3}$;

коефіцієнт теплопровідності суміші λ_1 , $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$ 0,569;

теплоємність суміші c_1 , $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ 3958.

Критерій Прандтля для суміші:

$$Pr_1 = \frac{c_1 \cdot \mu_1}{\lambda_1} = \frac{3958 \cdot 1,024 \cdot 10^{-3}}{0,569} = 7,128.$$

При середній температурі води 24°C :

густина ρ_2 , кг/м^3 997,2;

коефіцієнт динамічної в'язкості μ_2 , $\text{Па}\cdot\text{с}$ $0,836 \cdot 10^{-3}$;

коефіцієнт теплопровідності води λ_2 , $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$ 0,618;

теплоємність води c_2 , $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ 4186.

Критерій Прандтля для води:

$$Pr_2 = \frac{c_2 \cdot \mu_2}{\lambda_2} = \frac{4186 \cdot 0,836 \cdot 10^{-3}}{0,618} = 5,654.$$

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		52

Розрахуємо відцентровий критерій Рейнольдса при перемішуванні:

$$Re_{\text{ц}} = \frac{n \cdot d_{\text{м}}^2 \cdot \rho_1}{\mu_1} = \frac{3 \cdot 0,4^2 \cdot 1024}{1,024 \cdot 10^{-3}} = 4,802 \cdot 10^5.$$

Критерій Нусельта при перемішуванні:

$$Nu_1 = 0,36 \cdot Re_{\text{ц}}^{0,67} \cdot Pr_1^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu_1}{\mu_{\text{ст1}}}\right)^{0,14} \cdot \left(\frac{D}{d_{\text{м}}}\right)^{-1} =$$

$$= 0,36 \cdot (4,802 \cdot 10^5)^{0,67} \cdot 7,128^{0,33} \cdot \left(\frac{1,024 \cdot 10^{-3}}{0,973 \cdot 10^{-3}}\right)^{0,14} \cdot \left(\frac{1,6}{0,4}\right)^{-1} = 1110,$$

де $\mu_{\text{ст1}} = 0,973 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ – коефіцієнт динамічної в'язкості середовища при температурі стінки $t_{\text{ст}} = 26,07^\circ\text{C}$.

Коефіцієнт тепловіддачі суміші:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_{\text{м}}} = \frac{1094 \cdot 0,569}{0,4} = 1,578 \cdot 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Схема розташування оболонки апарата представлена на рисунку 4.5.

Масова витрата води:

$$G_2 = \frac{Q_{\text{в}}}{c_2 \cdot (t_{22} - t_{11})} = \frac{8406}{4186 \cdot (27 - 18)} = 0,223 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

Визначаємо об'ємні витрати води:

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{0,223}{997,2} = 0,224 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

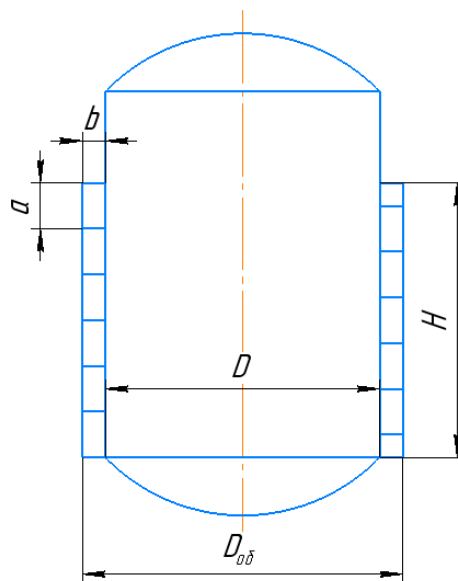


Рисунок 4.5 – Схема розташування оболонки

Еквівалентний діаметр гладкої оболонки:

$$d_e = D_{об} - (D + 2 \cdot s) = 1,7 - (1,6 + 2 \cdot 0,012) = 0,076 \text{ м.}$$

Площа поперечного перерізу потоку води:

$$f = 0,785 \cdot (D_{об}^2 - (D + 2 \cdot s)^2) = \\ = 0,785 \cdot (1,7^2 - (1,6 + 2 \cdot 0,012)^2) = 0,198 \text{ м}^2.$$

Таким чином, швидкість руху потоку води в оболонці:

$$w_2 = \frac{V_2}{f} = \frac{0,223 \cdot 10^{-3}}{0,198} = 1,13 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Критерій Рейнольдса для води, що рухається в об'ємі гладкої оболонки:

$$Re_2 = \frac{w_2 \cdot d_e \cdot \rho_2}{\mu_2} = \frac{1,13 \cdot 10^{-3} \cdot 0,076 \cdot 997,2}{0,836 \cdot 10^{-3}} = 102,427.$$

Розрахований критерій Рейнольдса вказує про необхідність урахування конвекції при ламінарному ($Re_2 < 2300$) режимі руху течії в гладкій оболонці.

Критерій Грасгофа знаходимо за рівнянням:

$$Gr = \frac{g \cdot H^3}{\nu_2^2} \cdot \beta \cdot \Delta t = \frac{9,81 \cdot 1,886^3}{(0,838 \cdot 10^{-6})^2} \cdot 0,282 \cdot 10^{-3} \cdot 0,94 = 2,248 \cdot 10^{10},$$

де $g=9,81 \text{ м}^2/\text{с}$ – прискорення вільного падіння; $H=1,886 \text{ м}$ – рівень культурального середовища в апараті; $\nu_2=\mu_2/\rho_2=0,836 \cdot 10^{-3}/997,2=0,838 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – кінематична в'язкість води; $\beta=0,282 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$ – коефіцієнт об'ємного розширення; $\Delta t=0,5(t_{ст}-t_{ср})=0,5(26,07-24,19)=0,94^\circ\text{C}$.

$$\text{Тоді } Gr \cdot Pr = 2,248 \cdot 10^{10} \cdot 5,654 = 1,271 \cdot 10^{11}$$

Коефіцієнт тепловіддачі в гладкій оболонці:

$$\alpha_2 = 0,135 \cdot \frac{\lambda_2}{H} \cdot (Gr \cdot Pr_2)^{\frac{1}{3}} = \\ = 0,135 \cdot \frac{0,618}{2} \cdot (2,248 \cdot 10^{10} \cdot 6,017)^{\frac{1}{3}} = 227,021 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1578} + \frac{0,012}{17} + \frac{1}{227,021}} = 174,083 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		54

де $s = 0,012$ м – товщина стінки апарата; $\lambda_{\text{ст}} = 17$ Вт/(м²·К) – теплопровідність стінки апарата [9].

Розрахункова площа поверхні теплообміну ферментера:

$$F_p = \frac{Q_b}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{8406}{174,083 \cdot 3,76} = 12,841 \text{ м}^2.$$

Площа теплообміну, яку є можливість забезпечити:

$$F_3 = \pi \cdot (D + 2 \cdot s) \cdot H = 3,14 \cdot (1,6 + 2 \cdot 0,012) \cdot 2 = 9,625 \text{ м}^2.$$

Оскільки розрахункова площа теплообміну перевищує дійсну, яку можна забезпечити. В літературі [12, табл.4] наведено формули розрахунку коефіцієнта тепловіддачі для вертикального розташування каналів і труб в умовах вільної конвекції. Умова використання формули при значенні $GrPr > 8 \cdot 10^5$ значення критерія Рейнольдса повинне бути в межах $250 < Re < 10000$. В гладкій оболонці розрахований критерій Рейнольдса $Re_2 = 102,427$, що не задовольняє умові $250 < Re < 10000$. Тому слід встановити спіральні перегородки всередині оболонки. Дані заходи дозволяють збільшити швидкість руху течії води в оболонці та.

Приймаємо значення висоти каналу $a = 0,15$ м.

Визначаємо ширину каналу:

$$b = \frac{D_{\text{об}} - (D + 2 \cdot s)}{2} = \frac{1,7 - (1,6 + 2 \cdot 0,012)}{2} = 0,038 \text{ м}.$$

Площа перерізу каналу:

$$f = a \cdot b = 0,15 \cdot 0,038 = 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Еквівалентний діаметр каналу:

$$d_e = \frac{4 \cdot f}{2 \cdot (a + b)} = \frac{4 \cdot 5,7 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot (0,15 + 0,038)} = 0,061 \text{ м}.$$

Швидкість води в каналах:

$$w_2 = \frac{V_2}{f} = \frac{0,224 \cdot 10^{-3}}{5,7 \cdot 10^{-3}} = 0,039 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Критерій Рейнольдса для води, що рухається в каналах:

$$Re_2 = \frac{w_2 \cdot d_e \cdot \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,039 \cdot 0,061 \cdot 997,2}{0,836 \cdot 10^{-3}} = 2843.$$

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		55

Критерій Нусельта при $GrPr > 8 \cdot 10^5$ та $250 < Re < 10000$:

$$Nu_2 = 0,037 \cdot Re_2^{0,75} \cdot Pr_2^{0,4} \cdot \left(\frac{\mu_2}{\mu_{ct2}} \right)^{0,11} =$$
$$= 0,037 \cdot 2843^{0,75} \cdot 5,654^{0,4} \cdot \left(\frac{0,836 \cdot 10^{-3}}{0,878 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,11} = 29,373,$$

де $\mu_{ct2} = 0,878 \cdot 10^{-3}$ Па·с – коефіцієнт динамічної в'язкості води при $t_{ct} = 26,07^\circ\text{C}$ [12].

Коефіцієнт тепловіддачі в оболонці:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_e} = \frac{29,373 \cdot 0,618}{0,061} = 299,357 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_{ct}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1578} + \frac{0,012}{17} + \frac{1}{299,357}} = 213,675 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

Розрахункова площа поверхні теплообміну:

$$F_p = \frac{Q_b}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{8406}{213,675 \cdot 3,76} = 10,462 \text{ м}^2.$$

Як бачимо, розрахункова площа теплообміну $F_p = 10,462 \text{ м}^2$ перевищує забезпечену $F_3 = 9,625 \text{ м}^2$. Зменшуємо висоту каналу в оболонці, прийнявши $a = 0,1$ м.

Тоді площа перерізу каналу:

$$f = a \cdot b = 0,1 \cdot 0,038 = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Еквівалентний діаметр каналу:

$$d_e = \frac{4 \cdot f}{2 \cdot (a + b)} = \frac{4 \cdot 3,8 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot (0,1 + 0,038)} = 0,055 \text{ м}.$$

Швидкість води в каналах:

$$w_2 = \frac{V_2}{f} = \frac{0,224 \cdot 10^{-3}}{3,8 \cdot 10^{-3}} = 0,059 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Критерій Рейнольдса для води, що рухається в каналах:

$$Re_2 = \frac{w_2 \cdot d_e \cdot \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,059 \cdot 0,055 \cdot 997,2}{0,836 \cdot 10^{-3}} = 3873.$$

Критерій Нусельта при $GrPr > 8 \cdot 10^5$ та $250 < Re < 10000$:

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		56

$$Nu_2 = 0,037 \cdot Re_2^{0,75} \cdot Pr_2^{0,4} \cdot \left(\frac{\mu_2}{\mu_{ст2}} \right)^{0,11} =$$

$$= 0,037 \cdot 3873^{0,75} \cdot 5,654^{0,4} \cdot \left(\frac{0,836 \cdot 10^{-3}}{0,878 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,11} = 37,039,$$

Коефіцієнт тепловіддачі в оболонці:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_e} = \frac{37,039 \cdot 0,618}{0,055} = 415,634 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1578} + \frac{0,012}{17} + \frac{1}{415,634}} = 266,989 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Розрахункова площа поверхні теплообміну:

$$F_p = \frac{Q_b}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{8406}{266,989 \cdot 3,76} = 8,373 \text{ м}^2.$$

Запас поверхні теплообміну:

$$\varphi = \frac{F_3 - F_p}{F_3} = \frac{9,625 - 8,373}{9,625} \cdot 100 = 13\%.$$

Висновок: для відводу теплового потоку було прийнято встановити спіральні перегородки, що утворюють канали всередині оболонки для руху охолоджуючої води. При висоті каналу $a=0,1\text{м}$ та ширині каналу $b=0,038\text{м}$ дана оболонь забезпечує необхідну площу теплообміну $F_p=8,373\text{м}^2$.

4.1.5 Розрахунок глибини воронки

Мета: розрахувати глибину воронки та перевірити чи вона не дістає до перемішуючого пристрою.

Схема до розрахунку глибини воронки подана на рисунку 4.6.

Вихідні дані:

відцентровий критерій Рейнольдса при перемішуванні $Re_{ц}$ $4,802 \cdot 10^5$;

частота обертання валу мішалки n , с^{-1} 3;

діаметр мішалки d_m , м 0,4;

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		57

радіус апарата R , м

0,8.

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною у [13, табл. 5].

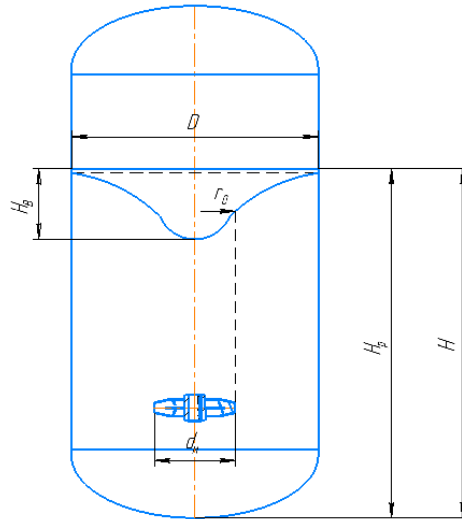


Рисунок 4.6 Схематичне зображення до розрахунку глибини воронки

Визначаємо параметр \bar{R} :

$$\bar{R} = \frac{R}{r_0} = \frac{0,8}{0,2} = 4,$$

де $r_0 = 0,5 \cdot d_m = 0,5 \cdot 0,4 = 0,2$ м – радіус мішалки.

Допоміжний параметр γ :

$$\gamma = 4 \cdot \frac{H_p}{R} + 1 = 4 \cdot \frac{2,327}{0,8} + 1 = 12,637.$$

Параметр гідравлічного опору:

$$E = \frac{\gamma}{\zeta_m \cdot z_m \cdot Re_{\text{ц}}^{0,25}} = \frac{12,637}{8,4 \cdot 1 \cdot (4,802 \cdot 10^5)^{0,25}} = 0,057,$$

де $\zeta_m = 8,4$ – коефіцієнт гідравлічного опору мішалки [13, табл. 2.1]; $z_m = 1$ – кількість мішалок, розташованих на валу.

Параметр розподілення швидкості:

$$\psi_2 = -0,5 - 1,25 \cdot \psi_1 = -0,5 - 1,25 \cdot 0,6 = -1,25,$$

де $\psi_1 = 0,6$ – параметр розподілення швидкості $\psi_1 = f(E)$ [13, рис 2.10].

Координата поверхні воронки на зовнішньому радіусі мішалки r_0 :

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		58

$$h_{r0} = \frac{\omega^2 \cdot r_0^2}{2 \cdot g} \cdot \left(1 + \frac{1}{4} \cdot \psi_1^2 + \frac{1}{3} \cdot \psi_2^2 + \frac{4}{7} \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 + \frac{4}{5} \cdot \psi_1 + \psi_2 \right) =$$

$$= \frac{18,85^2 \cdot 0,2^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \left(1 + \frac{1}{4} \cdot 0,6^2 + \frac{1}{3} \cdot (-1,25)^2 + \frac{4}{7} \cdot 0,6 \cdot (-1,25) + \frac{4}{5} \cdot 0,6 + (-1,25) \right) = 0,299 \text{ м},$$

де $\omega = 2 \cdot \pi \cdot n = 2 \cdot 3,14 \cdot 3 = 18,85$ – кутова швидкість обертання мішалки.

$$k_B = 1 - \frac{1}{\bar{R}^2} = 1 - \frac{1}{4^2} = 0,938.$$

Звідки глибина воронки дорівнює:

$$H_B = h_{r0} + \frac{\omega^2 \cdot r_0^2}{g} \cdot (1 + \psi_1 + \psi_2)^2 \cdot k_B =$$

$$= 0,299 + \frac{18,85^2 \cdot 0,2^2}{9,81} \cdot (1 + 0,6 + (-1,25))^2 \cdot 0,938 = 0,465 \text{ м}.$$

Гранично допустима глибина воронки:

$$h_{пр} = H_p - h_m = 2,327 - 0,4 = 1,927 \text{ м},$$

де $H_p = 2,327$ м – висота рідини в апараті; $h_m = 0,4$ м – висота установки мішалки.

Висновок: Воронка не дістає до маточини перемішуючого пристрою, оскільки її глибина менша, ніж гранично допустима.

4.1.6 Розрахунок гідравлічного опору

Мета розрахунку: розрахувати втрати тиску в оболоні.

Вихідні дані:

витрати води V_B , м ³ /с	2,236·10 ⁻⁴ ;
критерій Рейнольдса, Re	89,88;
швидкість води w_B , м/с	1,128·10 ⁻³ ;
висота оболонки H_p , м	2;
густина води ρ_2 , кг/м ³	997,5;
товщина стінки корпусу апарата s , м	0,012;

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		59

коефіцієнт місцевого опору на вході в трубу ζ_1	0,5;
коефіцієнт місцевого опору на виході з труби ζ_2	0,5;
кінематична в'язкість ν , м ² /с	$0,953 \cdot 10^{-6}$.
еквівалентний діаметр d_e , м	0,076

Розрахунок ведемо за методикою викладеною в [14 стр. 21].

Втрата тиску на створення швидкості потоку:

$$\Delta p_{\text{шв}} = \frac{w_2^2 \cdot \rho_2}{2} = \frac{0,001128^2 \cdot 997,5}{2} = 6,3 \cdot 10^{-4} \text{ Па.}$$

Коефіцієнт тертя в оболонці:

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{89,88} = 0,712,$$

Втрата тиску на прямій ділянці:

$$\Delta p_{\text{пр}} = \lambda \cdot \frac{L_p}{d_e} \cdot \frac{w_2^2 \cdot \rho_2}{2} = 0,712 \cdot \frac{2}{0,076} \cdot \frac{0,001128^2 \cdot 997,5}{2} = 0,023 \text{ Па.}$$

Втрата тиску на місцеві опори:

$$\Delta p_{\text{мо}} = \Sigma \xi \cdot \frac{w_2^2 \cdot \rho_2}{2} = (0,5 + 0,81) \cdot \frac{0,001128^2 \cdot 997,5}{2} = 8,31 \cdot 10^{-4} \text{ Па,}$$

де $\Sigma \xi = \xi_p + \xi_z$ – сума коефіцієнтів місцевого опору, $\xi_p = 0,81$ для розширення, $\xi_z = 0,5$ для звуження.

Втрата тиску на підняття рідини:

$$\Delta p_{\text{під}} = \rho_2 \cdot g \cdot H = 997,5 \cdot 9,81 \cdot 2 = 19571 \text{ Па.}$$

Сумарна втрата тиску:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{шв}} + \Delta p_{\text{р}} + \Delta p_{\text{мо}} + \Delta p_{\text{під}} = 6,3 \cdot 10^{-4} + 0,023 + 8,31 \cdot 10^{-4} + 19571 = 19571 \text{ Па.}$$

Потужність, яка споживається насосом:

$$N = \frac{V_b \cdot \Delta p}{1000 \cdot \eta} = \frac{0,0002086 \cdot 19571}{1000 \cdot 0,6} = 0,0068 \text{ кВт,}$$

де $\eta = 0,6$ – загальний ККД насоса.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		60

Висновок: таким чином втрати тиску у оболонці складають 19,5 Па.
Потужність насоса, яка необхідна для циркуляції рідини в оболонці $N = 0,0068$ кВт.

4.1.7 Розрахунок штуцерів ферментера

Метою розрахунку є визначення розмірів штуцерів в залежності від швидкості руху теплоносіїв та їх витрат.

Вихідні дані:

густина суміші ρ_1 , кг/м ³	1024;
густина води на вході ρ_{21} , кг/м ³	998,6;
густина води на виході ρ_{22} , кг/м ³	996,6;
температура води при вході в оболонку t_1 , К	291;
температура води при виході з оболонки t_2 , К	300;
витрата води G_2 , кг/с	0,223;
робочий об'єм ферментера V_p , м ³	4,41;
час заповнення ферментера τ , с	900.

Порядок розрахунку розмірів штуцерів та методика проведення даного розрахунку складена згідно [14], і передбачає підрахунок діаметру штуцера.

Схема штуцера зображена на рисунку 4.7.

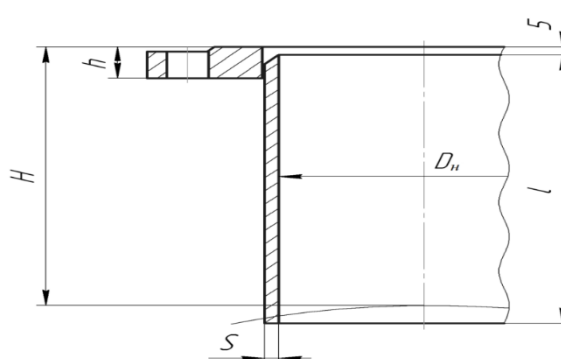


Рисунок 4.7 – Схема штуцера

Порядок розрахунку:

Діаметр штуцерів визначається за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot w \cdot \rho}},$$

де G – масова витрата теплоносія; ρ – густина теплоносія; w – швидкість руху теплоносія в штуцері.

Приймаємо швидкість руху середовища в штуцері $w_1 = 0,1$ м/с та швидкість руху води в штуцері $w_2 = 0,1$ м/с

Тоді діаметр патрубків для входу охолоджуючої води становить:

$$d_{2\text{вх}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_2}{\pi \cdot w_2 \cdot \rho_{21}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,223}{\pi \cdot 0,1 \cdot 998,6}} = 0,052 \text{ м.}$$

Діаметр патрубків для виходу охолоджуючої води:

$$d_{2\text{вих}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_2}{\pi \cdot w_2 \cdot \rho_{21}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,223}{\pi \cdot 0,1 \cdot 996,6}} = 0,052 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметри для патрубків входу та виходу нагрівуючої води згідно з МН 4004–62–МН 4006–62: $d_n = 57$ мм.

Виліт штуцера $l = 150$ мм.

Визначаємо продуктивність штуцерів для входу сировини:

$$G_{\text{шт}} = \frac{V_p \cdot \rho_1}{\tau} = \frac{4,41 \cdot 1024}{900} = 5,018 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

$$d_{1\text{шт}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{шт}}}{\pi \cdot w_1 \cdot \rho_1}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5,018}{3,14 \cdot 1 \cdot 1024}} = 0,079 \text{ м.}$$

Приймаємо згідно з МН 4004–62–МН 4006–62: $d_n = 200$ мм.

Виліт штуцера $l = 150$ мм.

Час, необхідний на спорожнення ферментера:

$$\tau = \frac{2 \cdot f \cdot \sqrt{H_p}}{\alpha \cdot f_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g}} = \frac{2 \cdot 0,785 \cdot 1,6^2 \cdot \sqrt{2,327}}{0,61 \cdot 0,785 \cdot 0,1^2 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}} = 289 \text{ с} = 4,8 \text{ хв.}$$

де $\alpha=0,61$ – коефіцієнт витрати.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		62

Висновок: в результаті проведеного розрахунку були визначені діаметри патрубків штуцерів і визначено їх основні розміри, що забезпечують рекомендовані швидкості потоків.

4.1.8 Розрахунок укріплення отворів

Мета розрахунку: За розрахованим максимально допустимим діаметром отвору, для якого не потрібне укріплення, визначити які отвори необхідно укріплювати, а які не потрібно укріплювати і розрахувати укріплення для одного отвору.

Розрахунок ведеться за методикою представленою в літературі [15].

Для розрахунку рекомендується робоча методика, обмежена у використанні вимогами:

$$\frac{S}{D} \leq 0,05, \quad \frac{d}{D} \leq 0,6,$$

де $S=12$ мм – товщина стінки апарата;

$D=1700$ мм – внутрішній діаметр обичайки;

$d=50$ мм – діаметр патрубка.

$$\frac{12}{1700} \leq 0,05, \quad \frac{50}{1700} \leq 0,6,$$
$$0,007 \leq 0,05, \quad 0,029 \leq 0,6.$$

Перевіримо, чи потребує укріплення отвір, який знаходиться в днищі апарата. Найбільший допустимий діаметр одиничного отвору, що не потребує додаткового укріплення в днищі апарата знаходять за формулою:

$$d_0 = 2 \cdot \left(K_1 \cdot \left(\frac{S - C}{S_{1R}} \cdot K_2 \right) \cdot \sqrt{D_R \cdot (S - C)} - C \right)$$

де $K_1=1$; $K_2=0,8$ – коефіцієнти;

C – прибавка до розрахункової товщини стінки днища,

$$C=1,3 \text{ мм.}$$

D_R – розрахунковий внутрішній діаметр днища, що укріпляється.

Для стандартних днищ D_R знаходять за формулою:

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		63

$$D_R = 2 \cdot D \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{r}{D}\right)^2},$$

де r – відстань від центра отвору, що укріплюється, до осі еліпсоїдного днища $r=0$, отже $D_R=2D$; $D_R=2 \cdot 1600=3200$ мм.

S_{1R} – розрахункова товщина стінки днища.

$$S_{1R} = \frac{P \cdot D_R}{4 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P} = \frac{0,1 \cdot 3200}{4 \cdot 164 \cdot 0,9 - 0,1} = 0,483 \text{ мм.}$$

$$d_0 = 2 \cdot \left(1 \cdot \left(\frac{12-1,3}{0,483} \cdot 0,8\right) \cdot \sqrt{3400 \cdot (12 - 1,3) - 1,3}\right) = 6758 \text{ мм.}$$

Якщо діаметр одиничного отвору задовольняє умову: $D_R \leq d_0$, то даний отвір укріплення не потребує:

$$3200 \text{ мм} \leq 6758 \text{ мм.}$$

Умова виконується.

Висновок: Умова міцності еліптичного днища товщиною 12 мм, з урахуванням впливу отворів виконується.

4.1.9 Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки, навантаженої внутрішнім надлишковим тиском

Мета розрахунку: за вихідними даними визначити товщину стінки обичайки ферментера під дією внутрішнього надлишкового тиску.

Вихідні дані:

розрахунковий тиск P , МПа	0,1
діаметр апарата D , м	1,6
проникність $П$, мм	0,01;
термін використання апарата τ , років	15;
технологічна прибавка c_3 , м	0,001;
межа плинності матеріалу обичайки σ_t , МПа	275;
коефіцієнт запасу міцності	1,5;
коефіцієнт міцності зварного шва φ_p	0,9.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		64

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.19.

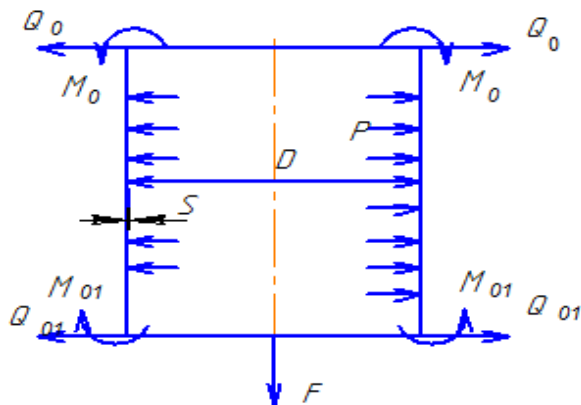


Рисунок 4.19 – Розрахункова схема

Розрахунок циліндричної обичайки апарата на дію внутрішнього тиску ведемо за безмоментною теорією, наведеною в літературі [15].

Допустиме напруження матеріалу обичайки:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_t}{n_t} = \frac{275}{1,5} = 184 \text{ МПа.}$$

Розрахункова товщина стінки:

$$s_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - p} = \frac{0,1 \cdot 1,6}{2 \cdot 184 \cdot 0,9 - 0,01} = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження для матеріалу обичайки, $[\sigma]=184 \text{ МПа}$ [15,16];

φ – коефіцієнт міцності зварного шва, $\varphi=0,9$.

Прибавка на компенсацію корозії c_1 складає 0,5 мм.

Прибавку на компенсацію мінусового допуску приймаємо згідно нормалізованого ряду [15,16]. Для $S_p=0,6 \text{ мм}$ $c_2=0,5 \text{ мм}$. Технологічний додаток до розрахункової товщини $c_3=0$.

Сума прибавок на компенсацію корозії та мінусового допуску $c_1+c_2=0,5+0,6=1,1 \text{ мм}$, що більше 5 % розрахункової товщини, тому сумарна величина прибавки:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = 0,5 + 0,8 + 0 = 1,1 \text{ мм.}$$

Товщина стінки:

$$s = s_p + c = 0,6 + 1,1 \approx 1,7 \text{ мм.}$$

Приймаємо $s=4 \text{ мм}$.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		65

Перевірка умов застосування розрахункових формул:

$$\frac{s + c}{D} = \frac{4 \cdot 10^{-3} + 1,1 \cdot 10^{-3}}{1,6} = 0,00313 < 0,1;$$
$$s \geq \frac{D}{1000} + 2,5 \cdot 10^{-3} = \frac{1,6}{1000} + 2,5 \cdot 10^{-3} = 4,1 \cdot 10^{-3};$$
$$4 \cdot 10^{-3} \text{ м} \leq 4,1 \cdot 10^{-3}.$$

Умови застосування не виконуються, тому приймаємо товщину стінки обичайки $s=6$ мм.

Перевірка умов застосування розрахункових формул:

$$\frac{s + c}{D} = \frac{6 \cdot 10^{-3} + 1,1 \cdot 10^{-3}}{1,6} = 0,00456 < 0,1;$$
$$s \geq \frac{D}{1000} + 2,5 \cdot 10^{-3} = \frac{1,6}{1000} + 2,5 \cdot 10^{-3} = 4,1 \cdot 10^{-3};$$
$$6 \cdot 10^{-3} \text{ м} > 4,1 \cdot 10^{-3}.$$

Умови застосування розрахункових формул виконуються.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s - c)}{D + (s - c)} \geq P = \frac{2 \cdot 184 \cdot 0,9 \cdot (0,006 - 0,0011)}{1,6 + (0,006 - 0,0011)} = 1,011 \text{ МПа.}$$

Перевірка умови міцності:

$$[p] > p;$$
$$1,0111 > 0,1.$$

Висновок:

Товщина стінки апарата, яка задовольняє умовам міцності при дії лише внутрішнього тиску дорівнює $s=6$ мм, але на обичайку ще діє зовнішній тиск який створюється в оболонці апарата, тому в наступному пункті ми обрахуємо обичайку під дією зовнішнього тиску.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		66

4.1.10 Розрахунок циліндричної обичайки навантаженої зовнішнім надлишковим тиском

Метою розрахунку є визначення мінімальної допустимої товщини стінки корпусу апарата, яка задовольняє умові міцності та стійкості обичайки, знайти допустимий тиск, допустиму осьову стискаючу силу та допустимий згинаючий момент.

Розрахункова схема показана на рисунку 4.10.

Вихідні дані:

коефіцієнт запасу стійкості n_y	2,4;
коефіцієнт запасу міцності n_t	1,5;
внутрішній діаметр апарата D ,	1,6;
розрахунковий тиск p_n , МПа	0,3;

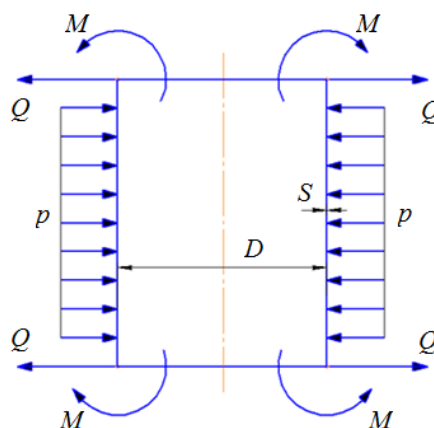


Рисунок 4.10 – Розрахункова схема обичайки, навантаженої зовнішнім тиском

модуль пружності матеріалу обичайки E , МПа	$1,98 \cdot 10^5$
довжина циліндричної обичайки L , м	2,436;
допустиме напруження матеріалу обичайки $[\sigma]$, МПа	184;
матеріал обичайки	12X18H10T ГОСТ 5632-72.

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною у літературі [15,16].

Визначення коефіцієнтів:

$$K_1 = \frac{0,865 \cdot n_y}{2,4} \cdot \frac{p_H}{10^{-6} \cdot E} = \frac{0,865 \cdot 2,4}{2,4} \cdot \frac{0,4}{10^{-6} \cdot 1,98 \cdot 10^5} = 1,73;$$

$$K_3 = \frac{L}{D} = \frac{2,436}{1,6} = 1,52.$$

За номограмою, представленою на рисунку 5 [15, с. 7], знаходимо безрозмірний коефіцієнт K_2 : $K_2=0,62$.

Визначаємо розрахункову товщину стінки ферментера:

$$s_R = \max \left\{ K_2 \cdot D \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 \cdot p_H \cdot D}{2 \cdot [\sigma]} \right\} = \max \left\{ 0,53 \cdot 1,6 \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 \cdot 0,3 \cdot 1,6}{2 \cdot 184} \right\} = \\ = \max \{ 1,913 \cdot 10^{-2}; 9,92 \cdot 10^{-3} \}.$$

Товщина стінки з урахуванням суми прибавок до розрахункової товщини стінки:

$$s = s_R + c = 0,0099 + 0,0013 = 0,0112 \text{ м.}$$

Товщину стінки приймаємо $s=12$ мм.

Допустимий тиск з умов міцності:

$$[P]_n = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (s - c)}{D + s - c} = \frac{2 \cdot 184 \cdot (0,012 - 0,0013)}{2 + 0,012 - 0,0013} = 2,445 \text{ МПа.}$$

Допустимий тиск з умови стійкості:

$$[P]_e = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot E \cdot D}{n_y \cdot B_1 \cdot L} \cdot \left[\frac{100 \cdot (s - c)}{D} \right]^{2,5} = \\ = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot 1,98 \cdot 10^5 \cdot 1,6}{2,4 \cdot 1 \cdot 2,436} \cdot \left[\frac{100 \cdot (0,012 - 0,0013)}{1,6} \right]^{2,5} = 0,416 \text{ МПа,}$$

$$\text{де } B_1 = \min \left\{ 1,0; 9,45 \cdot \frac{D}{L} \cdot \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (s - c)}} \right\} = \min \left\{ 1,0; 9,45 \cdot \frac{1,6}{2,436} \cdot \sqrt{\frac{1,6}{100 \cdot (0,012 - 0,0013)}} \right\} = \\ = \min \{ 1,0; 7,59 \} = 1.$$

Визначаємо допустимий тиск:

$$[P] = \frac{[P]_n}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_n}{[P]_e} \right)^2}} = \frac{2,445}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,445}{0,416} \right)^2}} = 0,41 \text{ МПа.}$$

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		68

Перевірка умови стійкості обичайки:

$$\frac{P}{[P]} \leq 1;$$

$$\frac{0,41}{0,416} = 0,975 \leq 1;$$

Отже, умова стійкості виконується.

Висновки: розрахункова товщина стінки обичайки, яка задовольняє умовам міцності при дії зовнішнього тиску дорівнює $s_p = 12$ мм.

4.1.11 Розрахунок товщини еліптичного днища

В даному розрахунку необхідно визначити товщину кришки та перевірити, чи виконується умова міцності.

Розрахункова схема днища наведена на рисунку 5.5.

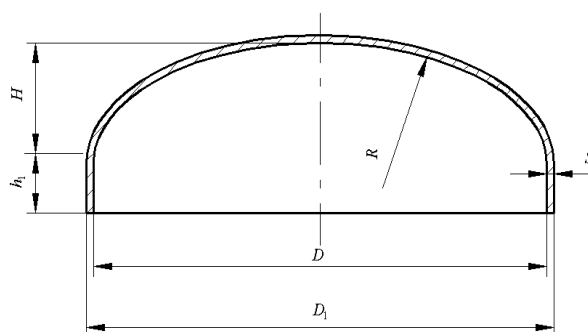


Рисунок 5.5 – Розрахункова схема еліптичного днища

Вихідні дані:

розрахункова температура t_R , °C 28;

діаметр днища, D , м 1,6;

розрахунковий тиск, P_R , МПа 0,1;

допустиме напруження матеріалу, $[\sigma]$, МПа 184;

матеріал 12X18H10T.

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [16].

Розрахункову товщину стінки визначаємо за стандартною формулою (за ГОСТ 14249-89):

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		69

$$S_R = \frac{P_R \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5 P_R} = \frac{0,1 \cdot 1,6}{2 \cdot 184 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,1} = 0,0006 \text{ м};$$

де φ – коефіцієнт міцності зварного шва, $\varphi = 0,9$ - стиковий, що виконується автоматичним і напівавтоматичним зварюванням з одного боку.

Із врахуванням поправок маємо:

$$S = S_R + C_1 + C_2 + C_3 = 0,0006 + 0,0011 = 0,00171 \text{ м.}$$

Товщину кришки необхідно приймати не менше товщини корпусу і згідно рекомендаціям стандартів не менше 0,012 м. Приймаємо $S=0,012$ м.

Обчислюємо висоту еліптичної частини кришки та радіус:

$$H = 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 1,6 = 0,4 \text{ м};$$

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H} = \frac{1,6^2}{4 \cdot 0,4} = 1,6 \text{ м.}$$

В зв'язку з тим, що ми обрали еліптичне днище, його обов'язково необхідно виконувати з відбортовкою. Усі параметри днища вибираються згідно стандартів.

Виконуємо перевірку на допустимий тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot (S - C) \cdot [\sigma] \cdot \varphi}{R + 0,5 \cdot (S - C)} = \frac{2 \cdot (0,012 - 0,00172) \cdot 184 \cdot 0,9}{1,6 + 0,5 \cdot (0,012 - 0,00172)} = 1,627 \text{ МПа};$$

$$P = 0,1 \text{ МПа} \leq [P] = 1,627 \text{ МПа.}$$

Висновок: Значення робочого тиску $P=0,1$ МПа не перевищує значення допустимого тиску $[P]=1,627$ МПа. Умова міцності виконується, отже розрахована виконавча товщина стінки еліптичної кришки $S=0,012$ м.

4.1.12 Вибір опори ферментера

Метою розрахунку є: розрахунок та вибір опори апарата.

Схема до розрахунку опори ферментера наведена на рисунку 4.13.

Вихідні дані:

внутрішній діаметр апарата D , м 1,6;

внутрішній діаметр оболонки D_o , м 1,7;

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		70

площа перерізу об'єму оболонки S , m^2	0,198;
маса днища $m_{дн}$, кг	285;
маса фланця $m_{ф}$, кг	75,4;
маса кільця $m_{кіль}$, кг	55;
маса привода $m_{пр}$, кг	400;
маса культурального середовища $m_{кс}$, кг	4518;
висота циліндричної частини корпусу $H_{ц}$, м	2,436;
висота циліндричної частини корпусу, замкненої в оболонці $H_{ц}$, м	2;
внутрішній розрахунковий тиск P , МПа	0,1;
товщина стінки оболонки апарата s , мм	12;
товщина стінки корпусу апарата s_o , мм	12;
допустиме напруження $[\sigma]$, МПа	184;
коефіцієнт міцності зварного шва Φ	0,9;
сума прибавок до розрахункової товщини s , мм	1,3;
коефіцієнт запасу міцності по межі текучості n_T	1,5.

Розрахунок ведеться згідно з [17].

Опори для апаратів обираються з розрахунку максимального навантаження, яку опора повинна витримувати під час випробувань.

Максимальна вага, що діє на опору, визначається за наступною формулою:

$$m_{заг} = m_{ап} + m_{в} + m_{кс} + m_{н},$$

де $m_{ап}$ – маса апарату, кг;

$m_{в}$ – маса води в оболонці, кг;

$m_{н}$ – маса неврахованих вузлів і деталей (приймаємо 10% від маси перерахованих вузлів і деталей), кг.

Маса апарата визначається за наступною формулою:

$$\begin{aligned}
 m_{ап} &= \pi \cdot \frac{(D + 2 \cdot s)^2 - D^2}{4} \cdot H_{ц} \cdot \rho_{ст} + 2 \cdot m_{дн} + 2 \cdot m_{фл} + m_{пр} + m_{міш} + m_o = \\
 &= \pi \cdot \frac{(1,6 + 2 \cdot 0,012)^2 - 1,6^2}{4} \cdot 2,436 \cdot 7,850 + 2 \cdot 285 + 2 \cdot 75,4 + 400 + \\
 &\quad + 17 + 1010 = 3333 \text{ кг.}
 \end{aligned}$$

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		71

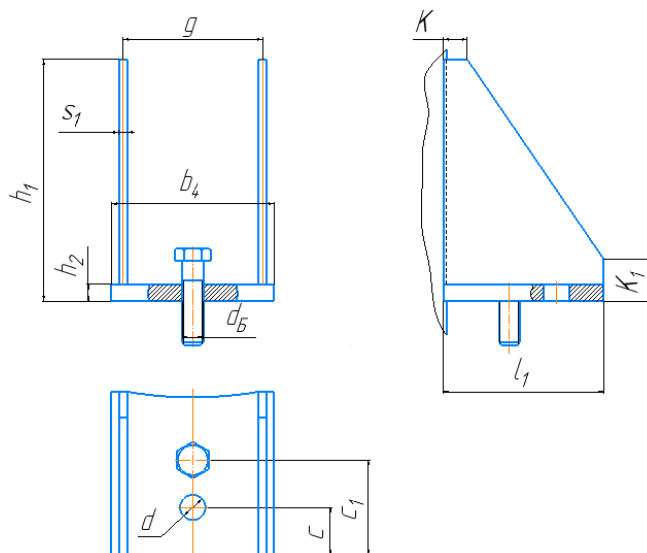


Рисунок 4.13 – Схема розрахунку опори ферментера

Маса оболонки:

$$m_o = \pi \cdot \frac{(D_o + 2 \cdot s_o)^2 - D_o^2}{4} \cdot H_o \cdot \rho_{ст} =$$

$$= 3,14 \cdot \frac{(1,7 + 2 \cdot 0,012)^2 - 1,7^2}{4} \cdot 2 \cdot 7850 = 1010 \text{ кг.}$$

Маса води при гідравлічних випробуваннях визначається за формулою:

$$m_v = V_2 \cdot \rho_2 = f \cdot H_o \cdot \rho_2 = 0,198 \cdot 2 \cdot 997,5 = 395 \text{ кг,}$$

де V_2 – об'єм води в оболонці, м³;

f – площа поперечного перерізу потоку води, м².

Загальна маса:

$$m_{заг} = 3333 + 395 + 4518 + 0,1 \cdot 3333 = 8579 \text{ кг.}$$

Навантаження апарату яке діє на чотири опори:

$$Q = \frac{m_{заг} \cdot g}{10^3} = \frac{8579 \cdot 9,81}{10^3} = 84,15 \text{ кН.}$$

Навантаження на одну опору:

$$q = \frac{m_{заг} \cdot g}{4 \cdot 10^3} = \frac{8579 \cdot 9,81}{4 \cdot 10^3} = 21,039 \text{ кН.}$$

Таким чином, обрано опору 1-25000 26-665-795000 за ОСТ 26-665-79 [17] з такими розмірами, що зведено до таблиці 4.2 (рисунок 4.20) за [17]

Таблиця 4.2 – Розміри опори

$l_1=155$	$c=45$	$d=24$
$g=133$	$c_1=90$	$d_b=20$
$K=25$	$b_4=155$	$h_1=230$
$K_1=40$	$s_1=8$	$h_2=16$

Перевірка несучої спроможності (міцності) вузла приварки опорної лапи до циліндричної обичайки без підкладного листа

Умова застосування формул:

$$\frac{s - c_{\text{п}}}{D} \leq 0,05;$$

$$\frac{0,012 - 0,0013}{1,6} = 0,0055 \leq 0,05 - \text{умова застосування формул виконана.}$$

Відстань між точкою прикладання зусилля та обичайкою або підкладним листом:

$$e_1 = \frac{5 \cdot a_1}{6} = \frac{5 \cdot 0,155}{6} = 0,129 \text{ м.}$$

Загальні кільцеві мембранні напруження в циліндричній обичайці для опор типу А:

$$\sigma_m^{\text{ц}} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot (s - c)} = \frac{0,1 \cdot 1,6}{2 \cdot (0,012 - 0,0013)} = 7,47 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт K_2 приймаємо для робочих умов, тому $K_2=1,2$.

Загальні мембранні напруження опор в циліндричній обичайці:

$$\sigma_m = \sigma_m^{\text{ц}} = \sigma_m^y = 7,47 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт, що враховує ступінь навантаження загальними напруженнями:

$$v_2 = \frac{K_2}{n_{\text{т}}} \cdot \frac{\sigma_m}{[\sigma] \cdot \varphi} = \frac{1,2}{1,5} \cdot \frac{7,47}{184 \cdot 0,9} = 0,036.$$

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		73

Коефіцієнт, що місцевих мембранних напружень до місцевих напружень вигину: $v_1=0,35$.

Коефіцієнт $K_1=1,225$ за графіками рисунок 4.21.

Граничне напруження вигину обичайки у місці приварки опорної лапи:

$$[\sigma_i] = K_1 \cdot [\sigma] \cdot \frac{n_T}{K_2} = 1,225 \cdot 184 \cdot \frac{1,5}{1,2} = 281,75 \text{ МПа.}$$

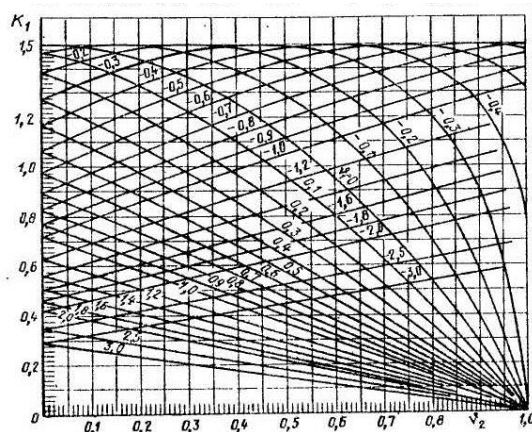


Рисунок 4.21 – Графік для визначення коефіцієнта K_1

Геометричний параметр конструктивних вузлів приєднання опорних лап до обичайки:

$$u = \ln \frac{D}{2 \cdot (s - c)} = \ln \frac{1,6}{2 \cdot (0,012 - 0,0013)} = \ln 74,76;$$

$$y = \ln \frac{h_1}{D} = \ln \frac{0,23}{1,6} = \ln 0,144;$$

$$y_1 = \ln \frac{b}{D} = \ln \frac{0,155}{1,6} = \ln 0,097;$$

Рисунок 4.22 – Графік для визначення коефіцієнта K_7

Зусилля, що діє на опорну лапу, яка приварена до циліндричної обичайки без підкладного листа для числа опорних лап $n=4$ при відсутності гарантії рівномірного розподілу навантажень між опорами:

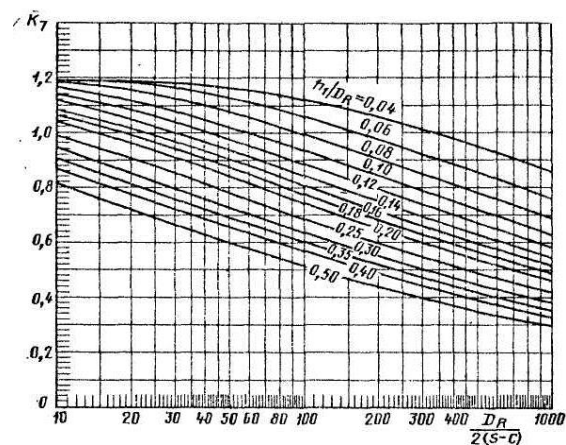
$$F_1 = \frac{Q}{2} = \frac{0,08415}{2} = 0,04207 \text{ МН.}$$

Допустиме зусилля, яким навантажений вузол приварки опорної лапи до обичайки без підкладного листа:

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		74

$$[F]_1 = \frac{[\sigma_i] \cdot h \cdot (s - c)^2}{K_7 \cdot e_1} = \frac{281,75 \cdot 0,155 \cdot (0,012 - 0,0013)^2}{0,86 \cdot 0,129} = 0,045 \text{ МН.}$$

Коефіцієнт K_7 (за рисунком 4.22): $K_7=0,86$.



Умова несучої спроможності опорного вузла з підкладним листом:

$$F_1 \leq [F]_1,$$

$0,4207 \text{ МН} \leq 0,45 \text{ МН}$ – умова несучої спроможності виконується.

Висновок

У результаті розрахунку підтверджено можливість використання обраної опори в даному апараті, так як виконано необхідні умови сумісності.

4.1.13 Розрахунок валу механічного перемішуючого пристрою на вібростійкість

Мета розрахунку: визначення мінімального діаметра валу , при якому виконується умова вібростійкості валу.

Розрахункова схема подана на рисунку 4.8.

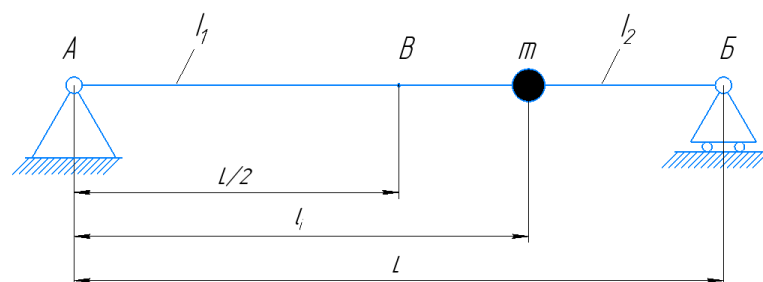


Рисунок 4.8 – Розрахункова схема валу

Вихідні дані:

довжина валу L , м	3,67;
довжина ділянки l_1 , м	3,13;
густина матеріалу валу ρ , кг/м ³	7850;
модуль пружності матеріалу валу E , МПа	$2 \cdot 10^5$;
маса мішалки m , кг	17.

Розрахунок наведено в літературі [18, стр. 30].

Відносна координата центра ваги перемішуючого пристрою:

$$\tilde{l}_1 = \frac{l_1}{L} = \frac{3,13}{3,67} = 0,853 \text{ м.}$$

Безрозмірний динамічний прогин валу в центрі ваги валу [18, рис.3.17в]:

$$\tilde{y}_{z3} = \tilde{y}_{l1} = f(\tilde{l}_1) = f(0,853) = 0,47,$$

Безрозмірний коефіцієнт ξ , що враховує приведену масу валу:

$$\xi = \frac{\rho \cdot \omega^2 \cdot L^2}{3 \cdot E} = \frac{7850 \cdot 18,8^2 \cdot 3,67^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^{11}} = 6,228 \cdot 10^{-5}.$$

Приведена до точки В маса мішалки:

$$\tilde{m}_{\text{пр}} = m \cdot \tilde{y}_{l1}^2 = 17 \cdot 0,38^2 = 3,755 \text{ кг.}$$

Розрахунковий діаметр валу визначається за формулою:

$$d_B = \sqrt{A_5 + \sqrt{A_5^2 + A_6}},$$

де $A_5 = 0,25 \cdot \xi \cdot L^2 = 0,25 \cdot 6,228 \cdot 10^{-5} \cdot 3,67^2 = 2,097 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$; $A_6 = \frac{8 \cdot \tilde{m}_{\text{пр}} \cdot \xi \cdot L}{\pi \cdot \rho} = \frac{8 \cdot 3,755 \cdot 6,228 \cdot 10^{-5} \cdot 3,67}{3,14 \cdot 7850} = 2,785 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$.

Тоді:

$$d_B = \sqrt{2,097 \cdot 10^{-4} + \sqrt{(2,097 \cdot 10^{-4})^2 + 2,785 \cdot 10^{-7}}} = 0,028 \text{ м.}$$

Обираємо вал діаметром 0,065 м, оскільки вали меншого діаметра не задовольняють умові власної довжини.

Маса одиниці довжини валу:

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		76

$$m_L = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \rho}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,065^2 \cdot 7850}{4} = 26,049 \frac{\text{кг}}{\text{м}}.$$

Відносна маса мішалки:

$$m_{\text{пр}} = \frac{\tilde{m}_{\text{пр}}}{m_L \cdot L} = \frac{3,755}{26,049 \cdot 3,67} = 0,039.$$

За графіком зображеним на рисунку 4.9 визначаємо корінь частотного рівняння α_1 :

$$\alpha_1 = f\left(\frac{\tilde{m}_{\text{пр}}}{m_L \cdot L}\right) = f(0,039), \text{ звідки } \alpha_1 = 2,74.$$

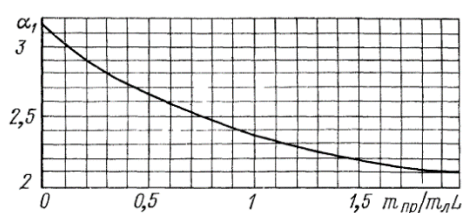


Рисунок 4.9 – Корені частинного рівняння $\alpha_1 = f(\tilde{m}_{\text{пр}}, L)$ для однопрольотного валу

Момент інерції поперечного перерізу валу:

$$I = I_1 = I_2 = \frac{\pi \cdot d_1^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,065^4}{64} = 8,762 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4;$$

Перша кутова швидкість валу:

$$\omega_{\text{кр1}} = \left(\frac{\alpha_1}{L}\right)^2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m_L}} = \left(\frac{2,74}{3,67}\right)^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 8,762 \cdot 10^{-7}}{26,049}} = 45,72 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Перевіряємо умову вібростійкості для жорсткого валу:

$$\frac{\omega}{\omega_{\text{кр1}}} = \frac{18,8}{45,72} = 0,411 \leq 0,7.$$

Отже, умова вібростійкості для даного валу виконується і вал працює у докритичній зоні.

Висновок: В ході проведених розрахунків було визначено, що діаметр валу в опірному перерізі, задовольняє умовам вібростійкості.

4.1.14 Розрахунок валу механічного перемішуючого пристрою на жорсткість і міцність

Мета розрахунку: перевірити вал мішалки на жорсткість і міцність.

Вихідні дані:

діаметр валу d , мм	65;
довжина валу L , м	3,67;
довжина прольоту l_1 , м	3,13;
довжина ділянки z_1 , м	0,65;
кутова швидкість обертання валу ω , рад/с	18,8;
потужність, яка затрачається на перемішування: N , Вт	277;
границя витривалості матеріалу: σ_{-1} , МПа	279.

Розрахунок наведено в літературі [19, стр. 33].

Ексцентриситет маси мішалки становить:

$$e_1 = \frac{10^{-3}}{\sqrt{\omega}} = \frac{10^{-3}}{\sqrt{18,8}} = 2,306 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Відносна координата небезпечного по жорсткості перерізу в місці ущільнення валу:

$$\tilde{z}_1 = \frac{z_1}{L} = \frac{0,65}{3,67} = 0,177.$$

Безрозмірний динамічний прогин валу в центрі ваги валу [19, рис.3.17в]:

$$\tilde{y}_{z1} = f(\tilde{z}_1) = f(0,177) = 0,52.$$

Приведений ексцентриситет маси мішалки:

$$e_{1.\text{пр}} = \frac{e_1}{\tilde{y}_{l1}} = \frac{2,306 \cdot 10^{-4}}{0,47} = 4,907 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Приведена маса валу дорівнює:

$$m_{\text{в.пр}} = 0,5 \cdot m_L \cdot L = 0,5 \cdot 26,049 \cdot 3,67 = 47,799 \text{ кг.}$$

Зміщення осі валу від осі обертання за рахунок зазорів в опорах:

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		78

в місці встановлення мішалки:

$$\Delta_{l1} = \Delta_{z3} = (\Delta_B - \Delta_A) \cdot \frac{z_3}{L} + \Delta_A = (0,01 \cdot 10^{-3} - 0,01 \cdot 10^{-3}) \cdot \frac{3,4}{3,9} + 0,01 \cdot 10^{-3} = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

де $\Delta_A = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ – зміщення для радіального однорядного кулькового підшипника [табл.3.5;19]; $\Delta_B = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ – зміщення для підшипника ковзання нижньої опори [табл.3.6;19];

в місці встановлення ущільнення валу:

$$\Delta_{z1} = (\Delta_B - \Delta_A) \cdot \frac{z_1}{L} + \Delta_A = (0,01 \cdot 10^{-3} - 0,01 \cdot 10^{-3}) \cdot \frac{0,65}{4,05} + 0,01 \cdot 10^{-3} = 0,03 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

Зміщення осі валу від осі обертання за рахунок початкової вигнутості валу (радіальне биття валу):

в місці встановлення мішалки згідно формули $\varepsilon_{l1} = \varepsilon_{z3} = \varepsilon_B \cdot \tilde{y}_{z3}$, де $\varepsilon_B = 0,09 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ – початкова вигнутість валу в точці приведення B , яка приймається за таблицею 3.7[19], тоді $\varepsilon_{z3} = \varepsilon_B \cdot \tilde{y}_{z3} = 0,09 \cdot 10^{-3} \cdot 0,47 = 4,23 \cdot 10^{-5} \text{ м}$;

в місці встановлення ущільнення валу:

$$\varepsilon_{z1} = \varepsilon_B \cdot \tilde{y}_{z1} = 0,09 \cdot 10^{-3} \cdot 0,52 = 4,68 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

Зміщення осі валу від осі обертання в точці приведення B за рахунок зазорів в опорах:

$$\Delta_B = \frac{\Delta_B + \Delta_A}{2} = \frac{0,01 \cdot 10^{-3} + 0,01 \cdot 10^{-3}}{2} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

Приведений ексцентриситет маси валу з мішалкою:

$$e_{\text{пр}} = \frac{m_{\text{пр}} \cdot e_{1.\text{пр}}}{m_{\text{пр}} + m_{\text{в.пр}}} + \Delta_B + \varepsilon_B = \frac{3,755 \cdot 4,907 \cdot 10^{-4}}{3,755 + 47,799} + 0,01 \cdot 10^{-3} + 0,09 \cdot 10^{-3} = 1,557 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Динамічний прогин осі валу в точці приведення B :

$$y_B = \frac{e_{\text{пр}}}{\left(\frac{\omega_{\text{кр}1}}{\omega}\right)^2 - 1} = \frac{1,557 \cdot 10^{-4}}{\left(\frac{45,72}{18,8}\right)^2 - 1} = 2,762 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

Динамічне зміщення центра тяжіння мішалки:

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		79

$$A_{l1} = y_B \cdot \tilde{y}_{l1} + \varepsilon_{l1} + \Delta_{l1} + e_1 = (2,762 \cdot 10^{-5}) \cdot 0,47 + 3,23 \cdot 10^{-5} + 0,01 \cdot 10^{-3} + 2,306 \cdot 10^{-4} = 2,959 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Динамічне зміщення центра осі валу в небезпечному по жорсткості перерізі в місці встановлення ущільнення валу:

$$A_{z1} = y_B \cdot \tilde{y}_{z1} + \varepsilon_{z1} + \Delta_{z1} = (2,762 \cdot 10^{-5}) \cdot 0,52 + 4,68 \cdot 10^{-5} + 0,01 \cdot 10^{-3} = 7,116 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

Динамічне зміщення валу в точці приведення B:

$$A_B = y_B + \varepsilon_B + \Delta_B = 2,762 \cdot 10^{-5} + 0,09 \cdot 10^{-3} + 1 \cdot 10^{-5} = 1,276 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Умова жорсткості:

для сальникового ущільнення:

$$\frac{A_{z1}}{[A]_{z1}} = \frac{7,116 \cdot 10^{-5}}{0,1 \cdot 10^{-3}} = 0,712 \leq 1;$$

для торцевого ущільнення:

$$\frac{A_{z1}}{[A]_{z1}} = \frac{7,116 \cdot 10^{-5}}{0,25 \cdot 10^{-3}} = 0,285 \leq 1.$$

Таким чином, умови жорсткості виконуються для обох видів ущільнень.

Розрахунок валу на умови міцності ведемо за методикою, наведеною у літературі [20, с. 20].

Сконцентрована відцентрова сила, що діє на мішалку:

$$F_1 = m \cdot \omega^2 \cdot A_{l1} = 17 \cdot 18,8^2 \cdot 2,959 \cdot 10^{-4} = 1,778 \text{ Н.}$$

Приведена відцентрова сила, що діє в точці приведення B, від власної ваги валу:

$$F_{B.пр} = m_{B.пр} \cdot \omega^2 \cdot A_B = 47,799 \cdot 18,8^2 \cdot 1,276 \cdot 10^{-4} = 2,156 \text{ Н.}$$

Реакції опор:

$$R_A = \frac{B_1}{L} + \frac{F_{B.пр}}{2} = \frac{0,96}{3,67} + \frac{2,156}{2} = 1,34 \text{ Н,}$$

де $B_1 = F_1 \cdot (L - l_1) = 1,778 \cdot (3,67 - 3,13) = 0,96 \text{ Н} \cdot \text{м.}$

$$R_B = \frac{B_3}{L} + \frac{F_{B.пр}}{2} = \frac{5,565}{3,67} + \frac{2,156}{2} = 2,594 \text{ Н,}$$

де $B_3 = F_1 \cdot l_1 = 1,778 \cdot 3,13 = 5,565 \text{ Н} \cdot \text{м.}$

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		80

Вигинаючий момент в небезпечних по міцності перерізах:

між А та В:

$$M_{B.Z2} = R_A \cdot z_2 = 1,34 \cdot 1,835 = 2,458 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

між В та Б:

$$M_{B.Z3} = R_A \cdot z_3 - F_{B.пр} \cdot \left(z_3 - \frac{L}{2} \right) = 1,34 \cdot 3,13 - 2,156 \cdot \left(3,13 - \frac{3,67}{2} \right) = 1,401 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Крутний момент в небезпечних по міцності перерізах (в середині прольоту валу і в місці встановлення мішалки):

$$M_{K.Z2} = M_{K.Z3} = \frac{N}{\omega} = \frac{5000}{18,8} = 265,957 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Момент опору валу в небезпечних по міцності перерізах:

$$W_{z2} = W_{z3} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 0,065^3}{32} = 2,696 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

Еквівалентні напруження в цих перерізах:

$$\sigma_{\text{екв}.z2} = \frac{\sqrt{M_{B.Z2}^2 + M_{K.Z2}^2}}{W_{z2}} = \frac{\sqrt{2,458^2 + 265,957^2}}{2,696 \cdot 10^{-5}} = 9,865 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

$$\sigma_{\text{екв}.z3} = \frac{\sqrt{M_{B.Z3}^2 + M_{K.Z3}^2}}{W_{z3}} = \frac{\sqrt{1,401^2 + 265,957^2}}{2,696 \cdot 10^{-5}} = 9,865 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Допустиме напруження визначається за формулою:

$$[\sigma]_{zi} = \frac{\varepsilon_M \cdot \sigma_{-1}}{K_{\sigma zi} \cdot n},$$

де $\varepsilon_M=0,67$ – безрозмірний коефіцієнт [рис.3.19,20]; $K_{\sigma z3}=1,3$ – ефективний коефіцієнт концентрації напружень [табл.3.9,20]; в неослабленому перерізі $K_{\sigma z2}=1$; $n=1,6$ – мінімальний запас міцності на витривалість.

$$[\sigma]_{z2} = \frac{\varepsilon_M \cdot \sigma_{-1}}{K_{\sigma z2} \cdot n} = \frac{0,67 \cdot 2,79 \cdot 10^8}{1 \cdot 1,6} = 1,168 \cdot 10^8 \text{ Па};$$

$$[\sigma]_{z3} = \frac{\varepsilon_M \cdot \sigma_{-1}}{K_{\sigma z3} \cdot n} = \frac{0,67 \cdot 2,79 \cdot 10^8}{1,3 \cdot 1,6} = 8,987 \cdot 10^7 \text{ Па};$$

Умови міцності виконуються:

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		81

$$\sigma_{\text{екв.}z2} \leq [\sigma]_{z2}; 9,865 \cdot 10^6 \leq 1,168 \cdot 10^8;$$

$$\sigma_{\text{екв.}z3} \leq [\sigma]_{z3}; 9,865 \cdot 10^6 \leq 8,987 \cdot 10^7;$$

Висновок: таким чином, однопрольотний вал діаметром $d = 65$ мм і довжиною 3670 мм при заданому навантаженні є вібростійким, міцним і достатньо жорстким в небезпечних перерізах.

4.2 Розрахунок сушарки

4.2.1 Тепловий та матеріальний баланс сушки

Метою даного розрахунку являється визначення геометричних розмірів сушильної камери, її об'єму. Також визначити витрати теплоносія на сушіння, встановити матеріальний баланс процесу. Розрахунок ведеться за методикою [21, с. 363], та розрахунковою схемою (рисунок 5.1)

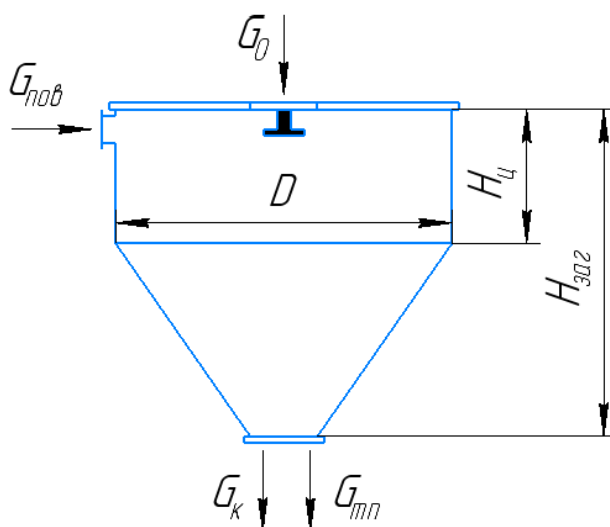


Рисунок 5.1 – Схема розпилюючої сушарки

Для зручності розрахунку для випаровуючого ступеня приймаємо індекс I, а для сушильного ступеня – індекс II.

Вихідні дані:

продукт, що висушується – екстракт нізину

продуктивність ферментера по розчину G , т/рік

41,9;

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		82

вміст нізину в розчині b , г/л	12;
густина розчину ρ_p , кг/м ³	1024;
кінцевий вміст вологи в продукті W_k^{II} , %	7;
кількість робочих днів у році, z	330;
температура розчину на вході у випарник t_p^{I} , К	293.

За даними [21] вологість кіркоутворення для біопрепаратів становить $W_k=270\%$ (2,7кг вологи/1кг сухого продукту), чому відповідає вологість $c_k=0,729\%$ мас продукту.

Приймаємо значення втрат розчину нізину $y=4,5\%$ в процесах таких як сепарація, фільтрування, екстракція та центрифугування.

Тоді, враховуючи втрати, продуктивність по розчину становитиме:

$$G_p = G - y \cdot G_p = 41,9 - 0,045 \cdot 41,9 = 41,9 - 1,8855 =$$

$$= 40,0145 \frac{\text{тон}}{\text{рік}} = 40,0145 \cdot \frac{1000}{24 \cdot 330} = 5,050 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 0,0014 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Визначаємо початкову концентрацію нізину в розчині:

$$c_{k1} = \frac{b}{\rho_p} = \frac{12}{1024} = 0,0117 \frac{\text{кг нізину}}{\text{кг розчину}}.$$

Тоді початкова вологість розчину становить:

$$c_{v1} = 1 - c_{k1} = 1 - 0,0117 = 0,9882 \frac{\text{кг вологи}}{\text{кг розчину}}.$$

Для проведення процесу випарювання вологи приймаємо наступні значення:

вологість на виході з випарника c_{v2}^{I} , % мас	74,7;
температура теплоносія на вході у калорифер t_0 , К	292,3;
температура теплоносія на вході у випарник $t_{1п}$, К	473;
температура теплоносія на виході з випарника $t_{2к}$, К	338;
температура розчину на вході у випарник $t_{рп}$, К	293;
температура розчину на виході з випарника $t_{рк}$, К	318.

Матеріальний баланс:

Вміст нізину на виході з випарника:

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		83

$$c_{\text{н}}^{\text{I}} = 1 - c_{\text{нв}} = 1 - 0,747 = 0,253 \frac{\text{кг нізину}}{\text{кг розчину}}.$$

Витрати розчину на вході у випарник:

$$G_{\text{р1}}^{\text{I}} = \frac{G_{\text{р}}}{b \cdot \rho_{\text{р}}} = \frac{5,050}{12 \cdot 1024} = 430,98 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

Продуктивність по розчину нізину на виході з випарника:

$$G_{\text{р2}}^{\text{I}} = \frac{G_{\text{р}}}{c_{\text{н}}^{\text{I}}} = \frac{5,050}{0,253} = 19,96 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

Загальна кількість вологи в розчині:

$$G_{\text{в}} = G_{\text{р1}}^{\text{I}} \cdot c_{\text{в1}} = 430,98 \cdot 0,9882 = 425,93 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

Кількість випареної вологи у випарному ступені:

$$G_{\text{в}}^{\text{I}} = G_{\text{р1}}^{\text{I}} - G_{\text{р2}}^{\text{I}} = 430,98 - 19,96 = 411,02 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

За діаграмою [12, с.424] визначаємо вологовміст повітря в процесі випарювання.

За літніх умов у процесі нагріву від $t_0=19,3^{\circ}\text{C}$ до $t_1=200^{\circ}\text{C}$ вологовміст повітря становить $x_0=0,0125$ кг/кг сухого повітря; ентальпія $I_0=50$ кДж/кг; $I_1=235$ кДж/кг; На виході з випарника при температурі повітря $t_{2\text{к}}=65^{\circ}\text{C}$ вологовміст повітря складе $x_2=0,061$ кг/кг сухого повітря; ентальпія $I_2=227$ кДж/кг.

Витрати сухого повітря:

$$L_{\text{сп}} = \frac{G_{\text{в}}^{\text{I}}}{(x_2 - x_0)} = \frac{411,02}{(0,061 - 0,0125)} = 8474 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 2,35 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Витрати тепла в калорифері:

$$Q_{\text{к}} = L_{\text{сп}} \cdot (I_1 - I_0) = 8474 \cdot (235 - 50) = 1567785 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} = 435,5 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}.$$

Витрати тепла на випарювання:

$$Q_{\text{к}} = L_{\text{сп}} \cdot (I_2 - I_0) = 8474 \cdot (227 - 50) = 1499989 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} = 416,66 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}.$$

Для визначення параметрів сушильного агента (повітря) використовується діаграма Рамзіна (рисунок 4.21) [12, с.424]

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
						84
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

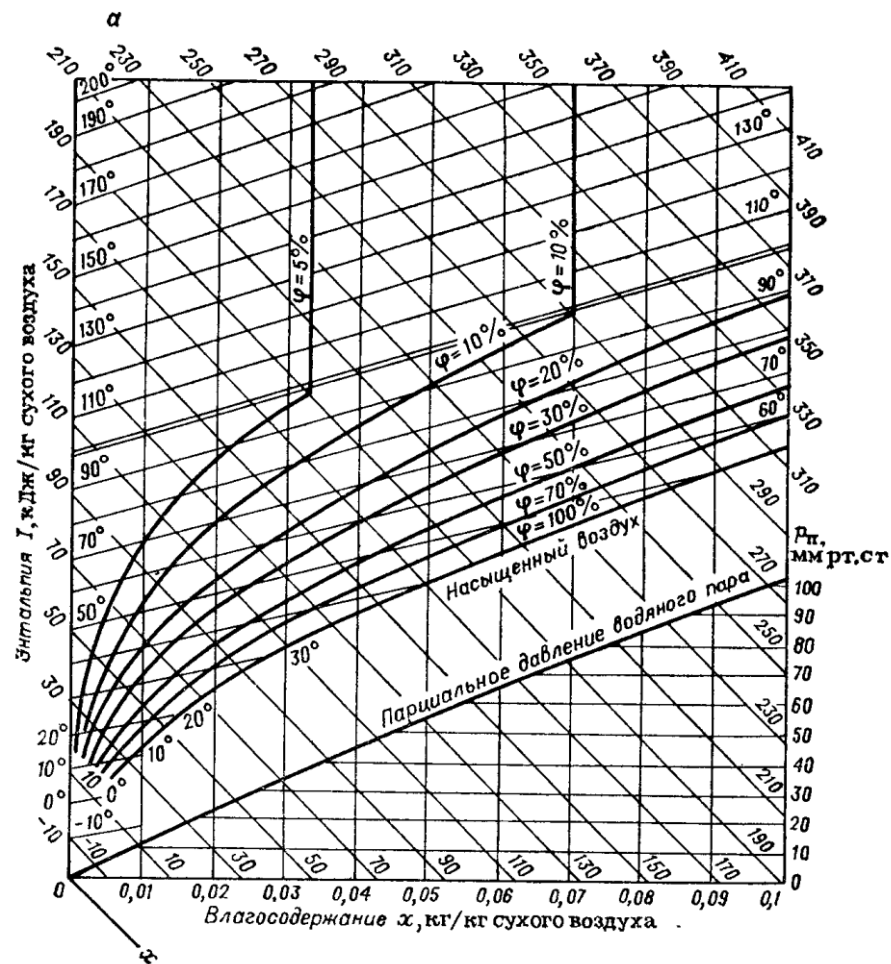


Рис. 1С.1, а, б. Диаграмма Рамзина для влажного воздуха.

Рисунок 4.21 – Діаграма рамзіна

Точка 0 відповідає стану повітря на вході в калорифер. За літніх умов для Києва $t_0=19,3^{\circ}\text{C}$, відносна вологість $\varphi = 89 \%$, чому відповідає ентальпія $I_0=50$ кДж/кг сухого повітря, а вологовміст $x_0=0,0125$ кг/кг сухого повітря

У процесі нагріву в калорифері від $t_0=19,3^{\circ}\text{C}$ до $t_1=140^{\circ}\text{C}$ вологовміст повітря не змінюється і становить $x_0=0,0125$ кг/кг сухого повітря, а ентальпія зростає до $I_1=176$ кДж/кг. На виході з сушарки при температурі повітря $t_{2к}=80^{\circ}\text{C}$ у теоретичній сушарці вологовміст повітря складе $x_2=0,035$ кг/кг сухого повітря; ентальпія не змінюється і лишається $I_2=I_1=176$ кДж/кг.

В дійсній сушарці різниця питомих витрат тепла. Витрати сухого повітря в сушильній камері:

$$q - q_t = \frac{I_1 - I_2}{x_2 - x_0} = \Delta$$

У відсутності додаткового нагріву в камері:

$$\Delta = c \cdot t - (q_m + q_v),$$

де $c \cdot t$ – тепло нагріву води; q_m – тепло нагріву матеріалу; q_v – втрати тепла в оточуюче середовище.

$$c \cdot t = 4,19 \cdot 45 = 188,55 \text{ кДж/кг випареної вологи}$$

$$q_m = 1,3967 \cdot 5,0505 \cdot (60 - 45) / 14,83 = 7,28 \text{ кДж/кг випареної вологи}$$

$$q_v = \alpha \cdot F \cdot (t_{ст} - t_{п}) = 11,4 \cdot 17,061975 \cdot (40 - 20) = 3,8 \text{ кДж/кг випареної вологи}$$

$$\Delta = 177,46$$

Рівняння лінії реального процесу сушіння

$$I = I_1 - \Delta \cdot (x - x_0)$$

Приймаємо величину $x_0 = 0,025$ отримуємо значення $I = 169$ через цю точку та точку $I_1 = 176$ та $x_0 = 0,0125$ проводимо пряму до перетину з лінією $t = 80^\circ\text{C}$. На виході із сушарки ентальпія дорівнює 168, , вологовміст $x_0 = 0,031$.

Витрати сухого повітря в сушильній камері:

$$L_{сп} = \frac{G_{p2}^I - G_p}{(x_2 - x_0)} = \frac{19,96 - 5,050}{(0,031 - 0,0125)} = 645,18 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 0,179 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Витрати тепла в калорифері:

$$Q_k = L_{сп} \cdot (I_1 - I_0) = 645,18 \cdot (176 - 50) = 81292 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} = 22,58 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}.$$

Витрати тепла на сушіння:

$$Q_c = L_{сп} \cdot (I_2 - I_0) = 645,18 \cdot (169 - 50) = 76131 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} = 20631,6 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}.$$

4.2.2 Параметричний розрахунок

Метою даного розрахунку є визначення геометричних розмірів сушильної камери.

Розрахунок ведемо згідно методики наведеної в літературі [21].

Характеристика розпилюючого диска:

діаметр диска D , м 0,15

число обертів n , об/с 300

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
						86
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

кількість перегородок, шт

24

висота перегородок h , м

0,008

змочений периметр x , м

0,192

Середній діаметр краплі розпилю в сушильній камері, м:

$$d_{\text{ср}}^{\text{II}} = 6,9 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{G_0 \cdot \rho \cdot \mu}{D} \right)^{0,2} \cdot \left(\frac{1}{n} \right)^{0,6} \cdot \left(\frac{1}{\rho} \right)^{0,5} \cdot \left(\frac{\sigma}{x} \right)^{0,1},$$

де $\sigma = 677 \cdot 10^{-4}$ кг/с² – поверхневий натяг розчину;

$\rho = 1030$ кг/м³ – густина розчину;

$\nu = 2,57 \cdot 10^{-6}$ м²/с – кінематична в'язкість розчину.

Підставивши значення вихідних даних в формулу маємо:

$$d_{\text{ср}}^{\text{II}} = 6,9 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{19,96 \cdot 1030 \cdot 2,24 \cdot 10^{-6}}{0,15} \right)^{0,2} \cdot \left(\frac{1}{18000} \right)^{0,6} \times \\ \times \left(\frac{1}{1030} \right)^{0,5} \cdot \left(\frac{677 \cdot 10^{-4}}{0,192} \right)^{0,1} = 31,6 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

Радіус факелу розпилю в камері $R_{\text{ф}}$, м:

$$R_{\text{ф}} = 0,33 \cdot d_{\text{ср}} \cdot S \cdot Re^{0,35} \cdot Gu^{-0,4} \cdot Ko^{-0,2}.$$

Фізичні константи теплоносія визначаються за $\Delta t_{\text{ср}}$:

За вихідними даними температура розчину на вході в камеру дорівнює $t_1^{\text{II}} = 45^\circ\text{C}$, на виході $t_2^{\text{II}} = 60^\circ\text{C}$. Тоді середня температура:

$$t_{\text{срр}}^{\text{II}} = \frac{t_1^{\text{II}} + t_2^{\text{II}}}{2} = \frac{45 + 60}{2} = 52,5^\circ\text{C}.$$

Середньологарифмічна різниця температур в сушильній камері визначається за формулою:

$$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{II}} = \frac{\Delta t_{\text{г}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \left(\frac{\Delta t_{\text{г}}}{\Delta t_{\text{м}}} \right)} = \frac{95 - 20}{\ln \left(\frac{95}{20} \right)} = 48,13^\circ\text{C}.$$

Тоді, середня температура повітря всередині камери складає:

$$t_{\text{срп}}^{\text{II}} = t_{\text{срр}}^{\text{II}} + \Delta t_{\text{ср}}^{\text{II}} = 52,5 + 48,13 = 100,63^\circ\text{C}.$$

За отриманим значенням $t_{\text{ср}}$, по [22] визначаємо фізичні константи теплоносія:

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
						87
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

теплоємність c_r , Дж/кг·град

1009

кінематична в'язкість ν_r , м²/с

$23,13 \cdot 10^{-6}$

густина ρ_r , кг/м³

0,946

Теплоту пароутворення розчину приймаємо по [12] за температурою $t_M=313\text{K}$: $r=2269$ кДж/кг.

Визначаємо безрозмірні комплекси, що входять у формулу.

Симплекс питомої ваги:

$$S = \frac{\rho}{\rho_r} = \frac{1030}{0,946} = 1092,77;$$

Критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{u_0 \cdot d_{cp}^{II}}{\nu_r} = \frac{141,3 \cdot 31,6 \cdot 10^{-6}}{23,13 \cdot 10^{-6}} = 197,87,$$

де u_0 – колова швидкість диска, дорівнює:

$$u_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,15 \cdot 18000}{60} = 141,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Критерій Гухмана:

$$Gu = \frac{\Delta t_{cp}^{II}}{t_1^{II}} = \frac{48,13}{413} = 0,117.$$

Критерій Косовича:

$$Ko = \frac{T^{II} \cdot c_r}{W_0 \cdot r} = \frac{413 \cdot 1,011}{270 \cdot 2269} = 6,86 \cdot 10^{-4}.$$

Тоді радіус факела розпику дорівнює:

$$R_\phi = 0,33 \cdot 31,6 \cdot 10^{-6} \cdot 1092,77 \cdot 197,87^{0,35} \cdot 0,117^{-0,4} \cdot (6,86 \cdot 10^{-4})^{-0,2} = 0,721 \text{ м}.$$

Визначаємо діаметр сушильної камери:

$$D^{II} = 3,5 \cdot R_\phi = 3,5 \cdot 0,721 = 2,552 \text{ м}.$$

Приймаємо $D^{II}=2,6$ м.

Об'єм сушильної камери визначається по інтенсивності тепломасообміну в камері, який описується критеріальним рівнянням теплообміну:

$$Nu_v = 600 \cdot K_G \cdot Ar^{0,2} \cdot Re^{-0,4}$$

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		88

Визначимо всі складові.

Критерій заповнення камери факелом розпиленого розчину:

$$K_G = \frac{G_0 \cdot \mu_\phi}{S \cdot \rho \cdot u_0} = \frac{19,96 \cdot 0,59}{3600 \cdot 5,306 \cdot 1030 \cdot 141,3} = 5,42 \cdot 10^{-9},$$

де S – площа поперечного перерізу камери, м^2 ;

μ_ϕ – коефіцієнт заповнення перерізу камери факелом розпилу;

Визначимо значення множників і підставимо в формулу.

Площа поперечного перерізу камери S :

$$S = \frac{\pi \cdot D_K^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2,6^2}{4} = 5,306 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт заповнення перерізу камери факелом розпилу:

$$\mu_\phi = \frac{R_\phi}{R_K} = \frac{0,721}{1,3} = 0,59.$$

Критерій Архімеда:

$$Ar = \frac{g \cdot d_{cp}^3 \cdot (\rho - \rho_r)}{\rho \cdot \nu^2} = \frac{9,81 \cdot (31,6 \cdot 10^{-6})^3 \cdot (1030 - 0,946)}{1030 \cdot (23,13 \cdot 10^{-6})^2} = 6,22 \cdot 10^{-4};$$

Критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{u_r \cdot d_{cp}}{\nu_r} = \frac{0,045 \cdot 31,6 \cdot 10^{-6}}{23,13 \cdot 10^{-6}} = 0,0642.$$

Швидкість газу по перерізу камери:

$$u_r = \frac{V_{год}}{3600 \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4}} = \frac{645,18}{3600 \cdot 3,14 \cdot \frac{2,6^2}{4}} = 0,045 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Підставивши розраховані значення критеріїв, отримаємо вираз:

$$Nu_v = 600 \cdot 5,42 \cdot 10^{-9} \cdot (6,22 \cdot 10^{-4})^{0,2} \cdot 0,0642^{-0,4} = 1,94 \cdot 10^{-6}.$$

Звідки:

$$\alpha_v = \frac{Nu_v \cdot \lambda}{d_{cp}^2} = \frac{1,94 \cdot 10^{-6} \cdot 3,26 \cdot 10^{-2}}{(31,6 \cdot 10^{-6})^2} = 39,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}},$$

де $\lambda = 3,26 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$ – теплопровідність при $t_{cp} = 100^\circ\text{C}$ за таблицею з [12]

Об'єм сушильної камери визначимо з залежності, м^3 :

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		89

$$V_k = \frac{Q_c}{\alpha_v \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{20631,6}{39,2 \cdot 48,13} = 10,7 \text{ м}^3,$$

Прийнявши висоту циліндричної частини, як 1/3 загальної висоти камери, складемо рівняння:

$$V_k = 0,785 \cdot D \cdot \frac{H_{заг}}{2} + \frac{1}{3} \cdot 0,785 \cdot D^2 \cdot \frac{H_{заг}}{2}.$$

Звідки рохрахункова загальна висота камери $H_{заг}$:

$$H_{заг} = \frac{V_k}{\frac{0,785}{2} \cdot D \cdot \left(1 + \frac{D}{3}\right)} = \frac{10,7}{\frac{0,785}{2} \cdot 2,6 \cdot \left(1 + \frac{2,6}{3}\right)} = 4,34 \text{ м}.$$

Тоді рохрахункова висота циліндричної частини камери $H_{ц}$:

$$H_{ц} = \frac{1}{3} H_{заг} = \frac{4,34}{3} = 1,4 \text{ м}.$$

Приймаємо: значення загальної висоти камери $H_{заг}=4,34$ м; значення висоти циліндричної частини камери $H_{ц}=1,4$ м;

Висновок:

За результатами розрахунків приймаємо:

внутрішній діаметр камери D , м	2,6;
висота циліндричної частини камери $H_{ц}$, м	1,4;
загальна висота камери $H_{заг}$, м	4,64;
об'єм камери V_k , м ³	10,7.

4.2.3 Розрахунок товщини ізоляції

Метою розрахунку є визначення товщини ізоляції сушарки.

Методика проведення даного розрахунку наведена згідно [12, с.175].

Вихідні дані:

температура всередині апарата t_1 , °C	200;
максимальна температура зовнішньої поверхні ізоляції t_4 , °C	30;
матеріал ізоляції – мінеральна вата.	

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		90

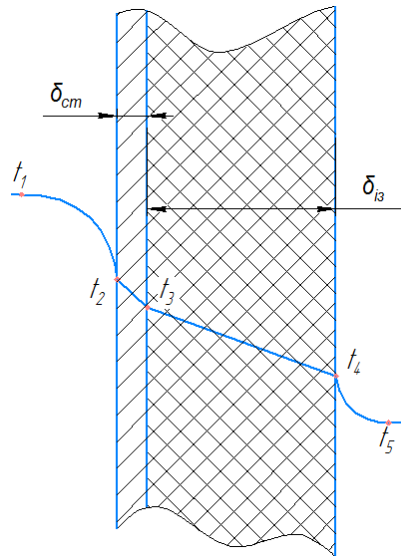


Рисунок 5.2 – Схема до розрахунку товщини ізоляції

Приймаємо температуру зовнішнього повітря $t_0=19,3^{\circ}\text{C}$ і визначаємо сумарний коефіцієнт тепловіддачі в зовнішнє середовище випромінюванням та конвекцією за рівнянням:

$$\alpha = 9,74 + 0,07 \cdot \Delta t = 9,74 + 0,07 \cdot (30 - 19,3) = 10,489 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Питомий тепловий потік:

$$q = \alpha \cdot (t_4 - t_0) = 10,489 \cdot (30 - 19,3) = 112,232 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Звідки товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{із} = \frac{\lambda}{q} \cdot (t_1 - t_0) = \frac{0,040}{112,232} \cdot (200 - 19,3) = 0,065 \text{ м},$$

де $\lambda=0,040 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ – коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати[23].

Висновок: з конструктивних міркувань приймаємо товщину шару ізоляції 75мм.

4.2.4 Розрахунок товщини циліндричної обичайки під дією внутрішнього тиску

Метою розрахунку є визначення товщини стінки обичайки циліндричної частини камери.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		91

Розрахунок ведемо на певній відстані від краю обичайки в безмоментній зоні. Вагою самої обичайки нехтуємо в зв'язку з її малим значенням в порівнянні з іншими навантаженнями.

Методика проведення даного розрахунку складена згідно [15,16].

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.3

Вихідні дані:

Діаметр циліндричної частини апарату D , м	2,6;
Висота циліндричної частини H , м	1,1;
Тиск робочого середовища p , МПа	0,1;
Матеріал обичайки	10X17H13M3Г
Густина матеріалу ρ , кг/м ³	7850
Допустиме напруження матеріалу $[\sigma]$, МПа[15]	150,4.

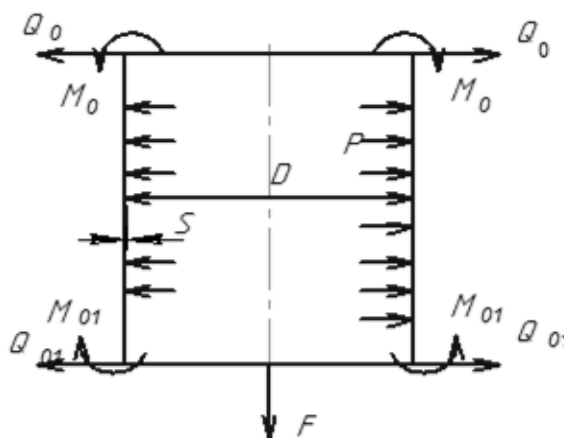


Рисунок 5.3 –Схема циліндричної обичайки та навантажень

Методика проведення даного розрахунку передбачає підрахунок товщини обичайки під дією внутрішнього з урахуванням додатків на корозію, зручності транспортування і монтажу прийняття дійсної товщини обичайки.

Приймаємо значення розрахункового тиску $p=0,1$ Мпа.

Визначимо виконавчу товщину обичайки[15,16]:

$$s = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - p} = \frac{0,1 \cdot 2,6}{2 \cdot 150,4 \cdot 0,9 - 0,1} = 0,00096 \text{ м.}$$

Приймемо товщину стінки рівною $4 \cdot 10^{-3}$ м, тоді:

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		92

Допустимий внутрішній надлишковий тиск[15,16]:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s - c)}{D + (s - c)} = \frac{2 \cdot 150,4 \cdot 0,9 \cdot (0,004 - 0,0009)}{2,6 + (0,004 - 0,0009)} = 3,582 \cdot 10^5 \text{ Па},$$

де φ - коефіцієнт міцності зварного шва;

s – виконавча товщина стінки апарата, м;

D – внутрішній діаметр апарата, м;

c – прибавка до розрахункової товщини, м.

Прибавка до розрахункової товщини, м:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = 0,0004 + 0,0005 + 0 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ м},$$

де c_1 – прибавка на корозію матеріалу, м;

c_2 – прибавка на мінусовий допуск, м;

c_3 – технологічна прибавка, м.

$$[p] > p \quad 0,3582 > 0,1 \text{ умова міцності виконується}$$

Висновок: Враховуючи додатки на товщину, вимоги до транспортування та з конструктивних міркувань приймаємо значення $s = 0,004$ м.

4.2.5 Розрахунок конічного днища під дією внутрішнього тиску

Метою розрахунку є визначення товщини стінки конічного днища агрегата, а також значення допустимого тиску, який вона може витримати.

Методика проведення даного розрахунку складена згідно [15,16]. Розрахункова схема наведена на рисунку 5.3

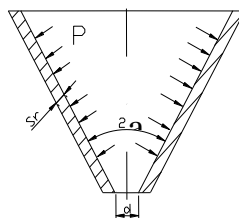


Рисунок 5.3- Схема конічного днища та навантажень

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		93

Вихідні дані:

Тиск робочого середовища p , МПа	0,1;
Більший діаметр конуса D , м	2,6;
Кут при вершині конуса 2α , °С	60;
Допустиме напруження $[\sigma]$, МПа	150,4.
За розрахунковий тиск p_R приймаємо тиск p , який становить 0,1 МПа.	
Розрахунковий тиск p , МПа	0,1.

Методика проведення даного розрахунку складена згідно [15,16] передбачає підрахунок товщини стінки конічного днища під дією внутрішнього тиску і з урахуванням додатків на корозію, а також умов транспортування і монтажу прийняття дійсної товщини обичайки.

Визначимо розрахункову товщину стінки, м

$$s_r = \frac{p \cdot D}{(2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - p) \cdot \cos(30)} = \frac{0,1 \cdot 2,6}{(2 \cdot 150,4 \cdot 0,9 - 0,1) \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = 1,109 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Прибавка до розрахункової товщини, м.

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = 0,0004 + 0,0005 + 0 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ м,}$$

де c_1 – прибавка на корозію матеріалу, м;

c_2 – прибавка на мінусовий допуск, м;

c_3 – технологічна прибавка, м.

Враховуючи додатки на товщину, вимоги до транспортування та з конструктивних міркувань приймаємо значення $s_1 = 0,004$ м.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, Па:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s_1 - c)}{\left(\frac{D}{2} + 0,5 \cdot (s_1 - c)\right) \cdot \cos(\alpha)} = \frac{2 \cdot 150,4 \cdot 0,9 \cdot (0,004 - 0,0009)}{\left(\frac{2,6}{2} + 0,5(0,004 - 0,0009)\right) \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = 8,273 \cdot 10^5 \text{ Па,}$$

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		94

де s_1 – виконавча товщина конічного днища, м.

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p \cdot (s_1 - c)}{\left(\frac{D}{2} + 0,5 \cdot (s_1 - c)\right) \cdot \cos \alpha} = \frac{2 \cdot 150,4 \cdot 0,9 \cdot (0,004 - 0,0009)}{\left(\frac{3,6}{2} + 0,5 \cdot (0,004 - 0,0009)\right) \cdot \cos 30^\circ} = 5,78 \cdot 10^5 \text{ Па,}$$

D – внутрішній діаметр апарата, м;

c – прибавка до розрахункової товщини, м.

$$[P] > P \quad 0,827 > 0,1 \text{ умова міцності виконується}$$

Висновок: Приймаємо товщину конічної обичайки $s=0,004$ м.

4.2.6 Розрахунок вала диспергатора на вібростійкість

Мета розрахунку: перевірка режимів роботи диспергатора і геометричних параметрів, при яких кутова частота вимушених коливань диспергатора буде знаходитись в потрібному співвідношенні з частотою його власних коливань.

Методика проведення даного розрахунку складена згідно [18].

Схема валу наведена на рис. 5.5

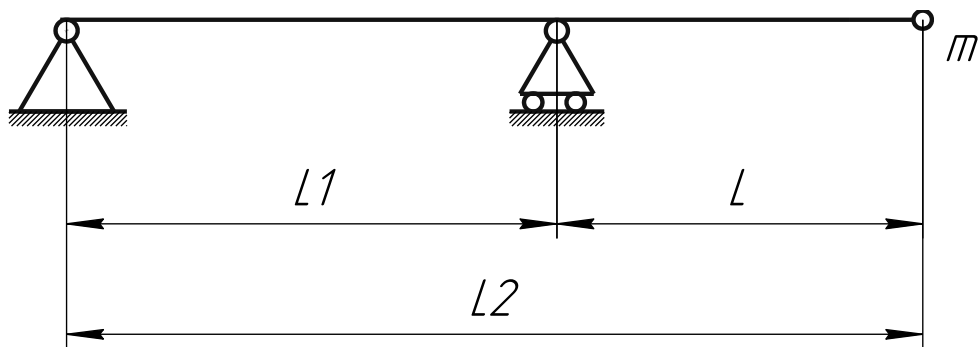


Рисунок 5.5 – Схема валу

Вихідні дані:

- Довжина прольоту L_1 , м	0,22
- Довжина консолі L , м	0,5
- Довжина вала L_2 , м	0,76
- Густина матеріалу ρ , кг/м ³	7850
- Частота обертів вала n , об/с	300
- Потужність N , Вт	2000

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		95

- Діаметр вала диспергатора в місці з'єднання d_b , м

0,03

Відносна довжина консолі:

$$L_1 = \frac{L}{L_2} = \frac{0,5}{0,76} = 0,65.$$

Відносна довжина прольоту:

$$L = \frac{L_1}{L} = \frac{0,22}{0,5} = 0,46.$$

Відносні координати центрів ваги деталей:

- на консолі

$$l'_1 = \frac{l_1}{L} = \frac{0,46}{0,5} = 0,92;$$

$$l'_2 = \frac{l_2}{L} = \frac{0,5}{0,5} = 1.$$

Коефіцієнт, що враховує вплив маси деталі в прольоті на його прогин приймаємо з [18]:

$$K_1 = f(l'_i, L'), K = 0,018.$$

Динамічний прогин вала в центрі ваги деталі приймаємо з [14]:

$$y_{li} = f(l'_i, L'); y_{l2} = 0,65; y_{l2} = 1.$$

Кутова швидкість вала:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 18000}{30} = 1884 \text{ с}^{-1}.$$

Коефіцієнт враховуючий умову кріплення вала:

$$\eta = 3 \cdot L_1 = 3 \cdot 0,65 = 1,95.$$

Безрозмірний коефіцієнт:

$$f = \frac{8 \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot L_1^2}{\xi^2 \cdot \eta \cdot E} = \frac{8 \cdot 7850 \cdot 1884^2 \cdot 0,5^2}{0,7^2 \cdot 2,4 \cdot 2,1 \cdot 10^{11}} = 7,6 \cdot 10^{-3}.$$

Крутний момент, необхідний для подолання сил тертя в сальниковому ущільненні:

$$M_{кр} = \left[\pi \cdot d_b \cdot S_H \cdot \rho \cdot \frac{f_{кин} \cdot}{2 \cdot k \cdot f} \right] \cdot \left(e^{2 \cdot k \cdot f \cdot \frac{h}{S}} - 1 \right) \cdot \frac{d_b}{2} =$$

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		96

$$= \left[3,14 \cdot 0,03 \cdot 0,014 \cdot 7850 \cdot \frac{0,01}{2 \cdot 0,9 \cdot 7,6 \cdot 10^{-3}} \right] \times \\ \times \left(2,75^{2 \cdot 0,9 \cdot 7,6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,006}{0,014}} - 1 \right) \cdot \frac{0,03}{2} = 0,31 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

Момент інерції в перерізі:

$$I_{A1} = \frac{\pi \cdot d_{A1}^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,014^4}{64} = 6,9 \cdot 10^{-10} \text{ м}^4,$$

$$I_{A2} = \frac{\pi \cdot d_{A2}^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,022^4}{64} = 1,93 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

Еквівалентний момент інерції прольоту:

$$I_{\text{екв}} = I_{A1} \cdot \frac{1}{\frac{I_{A1}}{I_{A2}} + \left(\frac{l_{A1}}{L_1} \right)^3 \cdot \left(1 - \frac{I_{A1}}{I_{A2}} \right)} = \\ = 6,9 \cdot 10^{-10} \cdot \frac{1}{\frac{6,9 \cdot 10^{-10}}{1,93 \cdot 10^{-8}} + \left(\frac{0,065}{0,22} \right)^3 \cdot \left(1 - \frac{6,9 \cdot 10^{-10}}{1,93 \cdot 10^{-8}} \right)} = 4,42 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4.$$

Момент інерції опорного перерізу:

$$I_b = \frac{\pi \cdot d_b^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,03^4}{64} = 2,4 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4.$$

Відносна податливість прольоту:

$$\theta'' = \frac{I_b \cdot L_1}{I_{\text{екв}} \cdot L} = \frac{2,4 \cdot 10^{-7} \cdot 0,22}{4,42 \cdot 10^{-9} \cdot 0,5} = 13,41.$$

Показник степеня для валу [18] d_{A1}, d_{A2} :

$$t'' = f(\theta'', m'_{\text{пр}}) = 0,5.$$

Відносна координата кінця і-тої ступені на консолі:

$$z'_{11} = \frac{z_{11}}{l_{A1}} = \frac{0,05}{0,065} = 0,94;$$

$$z'_{12} = \frac{z_{12}}{l_{A1}} = \frac{0,035}{0,065} = 0,66.$$

Діаметр першої ступені консолі:

$$d_{b11} = d_b \cdot \sqrt{1 - \left(1 - \frac{d_A^2}{d_{A1}^2} \right) \cdot z_{11}^{1,9}} = 0,048 \cdot \sqrt{1 - \left(1 - \frac{0,03^2}{0,014^2} \right) \cdot 0,94^{1,9}} = 0,045 \text{ м};$$

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		97

$$d_{b11} = d_b \cdot \sqrt{1 - \left(1 - \frac{d_A^2}{d_{A1}^2}\right) \cdot z_{12}^{1,9}} = 0,05 \cdot \sqrt{1 - \left(1 - \frac{0,03^2}{0,014^2}\right) \cdot 0,66^{1,9}} = 0,0458 \text{ м.}$$

Коефіцієнти для валів:

$$b_1 = 1 - \left(\frac{d_A}{d_b}\right)^2 = 1 - \left(\frac{0,035}{0,048}\right)^2 = 0,94;$$

$$b_2 = \frac{L_1 \cdot I_b}{3 \cdot L \cdot I_{\text{екв}}} = \frac{0,65 \cdot 2,4 \cdot 10^{-7}}{3 \cdot 0,44 \cdot 4,42 \cdot 10^{-9}} = 4,47;$$

$$b_3 = \frac{1}{b_2 + \frac{1}{3}} = \frac{1}{4,47 + \frac{1}{3}} = 0,208.$$

Відносний приведений коефіцієнт жорсткості ступінчатого консольного вала:

$$K_{\text{пр}} = b_3 \cdot \left[b_2^2 + \frac{1}{3} - 2 \cdot b_1 \cdot \left(\frac{1}{t'' + 1} - \frac{2}{t'' + 2} + \frac{1}{t'' + 3} \right) + \right. \\ \left. + b_1^2 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot t'' + 1} - \frac{1}{2 \cdot t'' + 2} + \frac{1}{2 \cdot t'' + 3} \right) \right] = \\ = 0,208^2 \cdot \left[4,47^2 + \frac{1}{3} - 2 \cdot 0,94 \cdot \left(\frac{1}{0,5 + 1} - \frac{2}{0,5 + 2} + \frac{1}{0,5 + 3} \right) + \right. \\ \left. + 0,94^2 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot 0,5 + 1} - \frac{2}{2 \cdot 0,5 + 2} + \frac{1}{2 \cdot 0,5 + 3} \right) \right] = 0,88.$$

Відносна приведена маса реального ступінчатого консольного вала:

$$m_{\text{пр}} = m'_{\text{пр}} + b_3^2 \times \\ \times \left[\frac{b_2^2}{3} + \frac{11}{60 \cdot b_2} + \frac{11}{420} - b_1 \cdot \left(\frac{\frac{b_2^2}{t'' + 3} + \frac{b_2}{t'' + 4} + \frac{1}{4 \cdot (t'' + 2)}}{\frac{b_2}{3 \cdot (t'' + 5)} - \frac{1}{4 \cdot (t'' + 6)} + \frac{1}{36 \cdot (t'' + 7)}} \right) \right] = \\ = 3 + 0,208^2 \cdot \left[\frac{4,47^2}{3} + \frac{11}{60 \cdot 4,47} + \frac{11}{420} - 0,94 \times \right. \\ \left. \times \left(\frac{\frac{4,47^2}{0,5 + 3} + \frac{4,47}{0,5 + 4} + \frac{1}{4 \cdot (0,5 + 5)}}{\frac{4,47}{3 \cdot (0,5 + 5)} - \frac{1}{6 \cdot (0,5 + 6)} + \frac{1}{36 \cdot (0,5 + 7)}} \right) \right] = 6,13 \cdot 10^{-2}.$$

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		98

Відносна критична кутова швидкість:

$$\omega'_{кр} = \sqrt{\frac{K_{пр}}{m_{пр}}} = \sqrt{\frac{0,88}{6,13 \cdot 10^{-2}}} = 3,79 \text{ с}^{-1}.$$

Критична швидкість консольного вала:

$$\omega''_{кр} = \left(\frac{\omega'_{кр} \cdot d_b}{4 \cdot L_2^2} \right) \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}} = \left(\frac{3,79 \cdot 0,03}{4 \cdot 0,76^2} \right) \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{11}}{7850}} = 1450 \text{ с}^{-1}.$$

Умова вібростійкості

$$0,7 \geq \frac{\omega}{\omega''_{кр}} \leq 1,35;$$

$$0,7 \geq \frac{1884}{1450} = 1,29 \leq 1,35;$$

Умова вібростійкості виконується

Висновок: виконано перевірку режимів роботи диспергатора і геометричних параметрів, при яких кутова частота вимушених коливань вала буде знаходитись в потрібному співвідношенні з частотою його власних коливань, умова вібростійкості виконується.

4.2.7 Розрахунок вала диспергатора на жорсткість

Мета розрахунку: визначити сумарне зміщення диспергатора від осі обертання у небезпечних по жорсткості перерізах.

Методика проведення даного розрахунку складена згідно [19]

Схема вала наведена на рис. 5.6

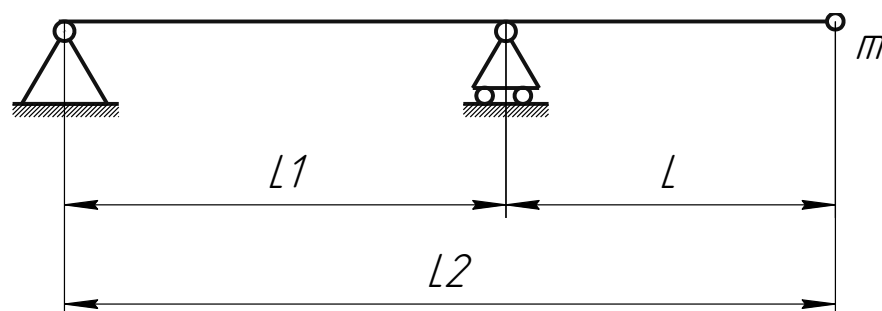


Рисунок 5.6 – Схема вала

Вихідні дані:

- довжина прольоту L_1 , м	0,22
- довжина консолі L , м	0,5
- довжина валу L_2 , м	0,76
- густина матеріалу ρ , кг/м ³	7850
- модуль пружності матеріала валу, Па	$2 \cdot 10^{11}$
- частота обертів валу n , об/с	300
- потужність N , Вт	2000

Ексцентриситет маси деталі:

$$e_1 = \frac{10^{-3}}{\sqrt{\omega}} = \frac{10^{-3}}{\sqrt{1884}} = 2,303 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

Відносна координата небезпечного по жорсткості перерізі диспергатора:

$$z_1 = \frac{z_{11}}{L} = \frac{0,05}{0,5} = 10^{-2};$$
$$z_2 = \frac{z_{12}}{L} = \frac{0,035}{0,5} = 6,6 \cdot 10^{-2}.$$

Відносна довжина прольоту:

$$L' = \frac{L_1}{L} = \frac{0,22}{0,5} = 0,44.$$

Безрозмірний динамічний прогин в небезпечному по жорсткості перерізі [19]:

$$y_{z1} = 0,045; y_{z2} = 0,052.$$

Відносна координата центру жорсткості деталі:

$$l_{1'} = \frac{l_1}{L} = \frac{0,46}{0,55} = 0,867;$$
$$l_{2'} = \frac{l_2}{L} = \frac{0,5}{0,5} = 1;$$

Безрозмірний динамічний прогин валу в місці установки деталі [19]:

$$y_{l1} = 0,25; y_{l2} = 0,32.$$

Приведений ексцентриситет маси деталі:

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		100

$$e_{pr1} = \frac{e_1}{y_{l1}} = \frac{2,303 \cdot 10^{-5}}{0,25} = 9,212 \cdot 10^{-5};$$

$$e_{pr2} = \frac{e_1}{y_{l1}} = \frac{2,303 \cdot 10^{-5}}{0,32} = 7,197 \cdot 10^{-5}.$$

Зміщення перерізу диспергатора, яке зв'язане з зазором в опорах:

$$\Delta_B = \frac{(\Delta_A + \Delta_B) \cdot L_2 - \Delta_A}{L_1} =$$

$$= \frac{(0,02 \cdot 10^{-3} + 0,027 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,76 - 0,02 \cdot 10^{-3}}{0,22} = 2,18 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Осьовий момент інерції перерізу диспергатора:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,05^4}{64} = 2,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4.$$

Перша критична кутова швидкість:

$$\omega_{кр} = \left(\frac{\alpha}{L}\right)^2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m_l}} = \left(\frac{1,53}{0,5}\right)^2 \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 2,6 \cdot 10^{-7}}{115}} = 1450 \text{ с}^{-1}.$$

Динамічний прогин вала в точці приведення:

$$y_B = \frac{e_{pr2}}{\left(\frac{\omega_{кр}}{\omega}\right)^2 - 1} = \frac{7,197 \cdot 10^{-5}}{\left(\frac{1450}{1884}\right)^2 - 1} = 4,59 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Зміщення перерізу вала в точці кріплення деталі, визване зазорами в опорах:

$$\Delta_{l1} = \frac{(\Delta_A + \Delta_B) \cdot (l_1 + L_1)}{L_1} - \Delta_A =$$

$$= \frac{(0,02 \cdot 10^{-3} + 0,027 \cdot 10^{-3}) \cdot (0,46 + 0,22)}{0,22} - 0,02 \cdot 10^{-3} = 1,93 \cdot 10^{-4} \text{ м;}$$

$$\Delta_{l2} = \frac{(\Delta_A + \Delta_B) \cdot (l_2 + L_1)}{L_1} - \Delta_A =$$

$$= \frac{(0,02 \cdot 10^{-3} + 0,027 \cdot 10^{-3}) \cdot (0,53 + 0,22)}{0,22} - 0,02 \cdot 10^{-3} = 2,12 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Зміщення небезпечного перерізу вала, викликане зазорами в опорах:

$$\Delta_{z1} = (\Delta_A + \Delta_B) \cdot z_1 - \Delta_A =$$

$$= (0,02 \cdot 10^{-3} + 0,027 \cdot 10^{-3}) \cdot 10^{-2} - 0,02 \cdot 10^{-3} = 3,91 \cdot 10^{-4} \text{ м;}$$

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		101

$$\Delta_{z2} = (\Delta_A + \Delta_B) \cdot z_2 - \Delta_A =$$

$$= (0,02 \cdot 10^{-3} + 0,027 \cdot 10^{-3}) \cdot 6,6 \cdot 10^{-2} - 0,02 \cdot 10^{-3} = 3,39 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Зміщення перерізу вала в точці кріплення деталі, викликане початковою вгнутістю вала:

$$\varepsilon_{l1} = \varepsilon_B \cdot y_{l1} = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,25 = 0,000125 \text{ м;}$$

$$\varepsilon_{l2} = \varepsilon_B \cdot y_{l2} = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,32 = 0,00016 \text{ м.}$$

Зміщення небезпечного по жорсткості переріза вала, викликане початковою вгнутістю вала:

$$\varepsilon_{z1} = \varepsilon_B \cdot y_{z1} = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,045 = 0,000225 \text{ м;}$$

$$\varepsilon_{z2} = \varepsilon_B \cdot y_{z2} = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,052 = 0,00026 \text{ м.}$$

Сумарне динамічне переміщення перерізу вала в точці приведення В:

$$A_B = y_B + \varepsilon_B + \Delta_B = 4,59 \cdot 10^{-2} + 0,5 \cdot 10^{-3} + 2,18 \cdot 10^{-4} = 7,186 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Сумарне динамічне зміщення перерізу вала в центрі маси деталі:

$$A_{l1} = y_B \cdot y_{l1} + \varepsilon_{l1} + \Delta_{l1} + e_1 =$$

$$= 4,59 \cdot 10^{-4} \cdot 0,25 + 1,25 \cdot 10^{-4} + 1,93 \cdot 10^{-4} + 2,303 \cdot 10^{-5} = 4,55 \cdot 10^{-4} \text{ м;}$$

$$A_{l2} = y_B \cdot y_{l2} + \varepsilon_{l2} + \Delta_{l2} + e_1 =$$

$$= 4,59 \cdot 10^{-4} \cdot 0,32 + 1,6 \cdot 10^{-4} + 2,12 \cdot 10^{-4} + 2,303 \cdot 10^{-5} = 5,42 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Сумарне динамічне зміщення небезпечного перерізу вала:

$$A_{z1} = y_B \cdot y_{z1} + \varepsilon_{z1} + \Delta_{z1} =$$

$$= 4,59 \cdot 10^{-4} \cdot 0,045 + 2,25 \cdot 10^{-4} + 3,91 \cdot 10^{-4} = 6,36 \cdot 10^{-4} \text{ м;}$$

$$A_{z2} = y_B \cdot y_{z2} + \varepsilon_{z2} + \Delta_{z2} =$$

$$= 4,59 \cdot 10^{-4} \cdot 0,052 + 2,6 \cdot 10^{-4} + 3,39 \cdot 10^{-4} = 6,22 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Допустиме зміщення небезпечного перерізу вала $[A_z] = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, допустиме зміщення перерізу вала в центрі маси деталі $[A_l] = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$.

Умова жорсткості:

$$A_{z1} \leq [A_z] = 6,36 \cdot 10^{-4} \leq 2,5 \cdot 10^{-2};$$

$$A_{z2} \leq [A_z] = 6,22 \cdot 10^{-4} \leq 2,5 \cdot 10^{-2};$$

$$A_{l1} \leq [A_l] = 4,55 \cdot 10^{-4} \leq 2,5 \cdot 10^{-2};$$

$$A_{l2} \leq [A_l] = 5,42 \cdot 10^{-4} \leq 2,5 \cdot 10^{-2};$$

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		102

Умова жорсткості виконується.

Висновок: визначили сумарне зміщення вала від осі обертання у небезпечних по жорсткості перерізах, умова жорсткості виконується.

4.2.8 Розрахунок вала диспергатора на міцність

Мета розрахунку: визначити небезпечні за міцністю перерізи диспергатора, знайти еквівалентні напруження у небезпечних перерізах, і порівняти їх з допустимими напруженнями .

Методика проведення даного розрахунку складена згідно [20]

Схема валу наведена на рисунку 5.7

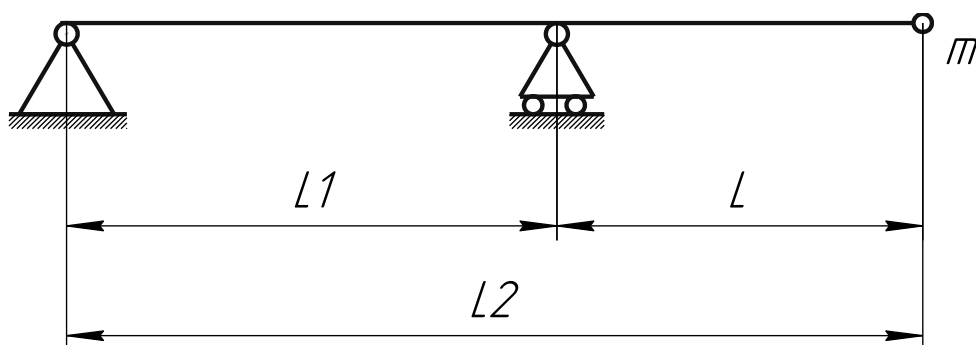


Рисунок 5.7 – схема валу

Вихідні дані:

- довжина прольоту L_1 , м	0,22
- довжина консолі L , м	0,5
- довжина вала L_2 , м	0,76
- густина матеріалу ρ , кг/м ³	7850
- частота обертів вала n , об/с	300
- потужність N , Вт	2000

Визначимо сконцентровану відцентрову силу, яка діє на деталі:

$$F = m_{11} \cdot \omega^2 \cdot A_{l11} = 3 \cdot 1884^2 \cdot 2,26 \cdot 10^{-4} = 2409 \text{ Н,}$$

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		103

де A_{l11} – сумарне динамічне зміщення перерізу вала в центрі мас деталей.

Приведена відцентрова сила маси вала, яка обертається:

$$F_{\text{впр}} = m_{\text{впр}} \cdot \omega^2 \cdot A_B = 3 \cdot 1884^2 \cdot 2,03 \cdot 10^{-4} = 2164 \text{ Н},$$

де $m_{\text{впр}} = m_{11} = 3 \text{ кг}$; A_B - сумарне динамічне зміщення вала в точці приведення.

Знайдемо реакцію опори А:

$$R_A = \frac{F \cdot l_{11} + F_{\text{впр}} \cdot L_1}{L} = \frac{2409 \cdot 0,22 + 2164 \cdot 0,22}{0,5} = 1904 \text{ Н}.$$

Знайдемо реакцію опори Б:

$$\begin{aligned} R_B &= \frac{F \cdot (L + l_{11}) + F_{\text{впр}} \cdot (L + L_1)}{L} = \\ &= \frac{2409 \cdot (0,5 + 0,22) + 2164 \cdot (0,5 + 0,22)}{0,5} = 6585 \text{ Н}. \end{aligned}$$

Вигинаючий момент в небезпечних по міцності перерізах консолі:

$$\begin{aligned} M_Z &= F_{\text{впр}} \cdot (L_1 - z_{11}) + F \cdot (l_{11} - z_{11}) = \\ &= 2164 \cdot (0,22 - 0,05) + 2409 \cdot (0,22 - 0,05) = 777,4 \text{ Н} \cdot \text{м}, \end{aligned}$$

де $z_{11} = 0,05 \text{ м}$ – координата небезпечного перерізу консолі.

Вигинаючий момент в небезпечних по міцності перерізах консолі:

$$M_{\text{кр}} = \frac{N}{\omega} = \frac{2000}{1884} = 1,061 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент опору небезпечних по міцності перерізах вала:

$$W_Z = \frac{\pi \cdot (d_p^3 - d_{p1}^3)}{32} = \frac{3,14 \cdot (0,053^3 - 0,047^3)}{32} = 1,23 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

Еквівалентне напруження в небезпечних по міцності перерізах:

$$\sigma_Z^{III} = W_Z^{-1} \cdot \sqrt{M_Z^2 + M_{\text{кр}}^2} = \frac{\sqrt{777,4^2 + 1,061^2}}{1,23 \cdot 10^{-5}} = 63,2 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Масштабний фактор: $\varepsilon_m = f(d_p) = 0,7$ - визначаємо з рисунка 4.9:

Допустиме напруження на міцність в небезпечних перерізах консолі:

$$[\sigma_z] = \frac{\varepsilon_m \cdot \sigma_{-1}}{k_{\sigma z} \cdot n_{\min}} = \frac{0,7 \cdot 252 \cdot 10^6}{1,46 \cdot 1,5} = 83,11 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

де $k_{\sigma z} = 1$ [20] - ефективний коефіцієнт концентрації напружень;

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		104

$n_{\min} = 1,5$ - мінімальний запас міцності на витривалість.

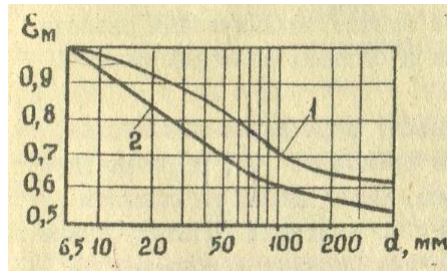


Рисунок 4.9 – Масштабний фактор: 1 – для валів із вуглеводної сталі; 2 – для валів із легованої сталі.

Умова міцності:

$$\sigma_z^{III} \leq [\sigma_z]$$

$$63,2 \cdot 10^6 \text{ Па} < 83,11 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Висновок: умова міцності виконується.

4.2.9 Розрахунок кільцевого диска

Метою розрахунку є визначення напруження в кільцевому диску постійної товщини, для забезпечення умови міцності.

Методи капроведення даного розрахунку складена згідно з [24].

Схема диска наведена на рисунку 5.8

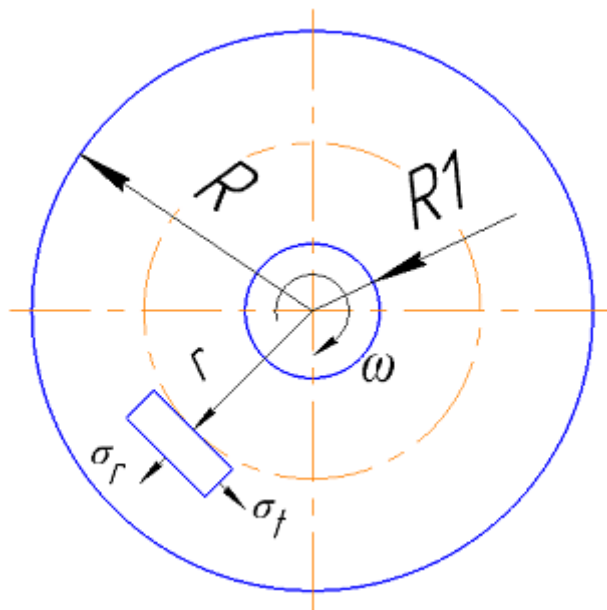


Рисунок 5.8 – Схема диска

Вихідні дані для розрахунку:

Внутрішній діаметр диска R_1 , м 0,012

Зовнішній діаметр диска R , м 0,15

Матеріал сталь 20

Швидкість обертання ротора ω , c^{-1} 300

Розрахунок проводимо з допомогою програми QBasic

Тангенціальне напруження:

$$\sigma_t = \frac{3+\mu}{8} \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot \left(R_1^2 + R^2 + \frac{R^2 \cdot R_1^2}{r^2} - \frac{1+3\mu}{3+\mu} \cdot r^2 \right) .$$

Радіальне напруження:

$$\sigma_r = \frac{3+\mu}{8} \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot \left(R_1^2 + R^2 - \frac{R^2 \cdot R_1^2}{r^2} - r^2 \right) .$$

Радіальне переміщення:

$$\square R = \frac{\mu^2 - 1}{8E} \rho \omega^2 \left[r^3 - \frac{3+\mu}{1+\mu} (R^2 + R_1^2) r - \frac{3+\mu}{1-\mu} R^2 \frac{R_1^2}{r} \right]$$

Допустима частота обертання диска:

$$[\omega] = 2 \sqrt{\frac{[\sigma]}{\rho(3+\mu)(R^2 - R_1^2) \frac{1-2\mu}{3+\mu}}}$$

Результат розрахунку занесений в таблицю 5.1:

Таблиця 5.1 – Розрахунок кільцевого диска на напруження.

Поточний радіус, м	Радіальне напруження, σ_r МПа	Тангенціальне напруження, σ_t МПа	Радіальне переміщення, $\square R$, м
0,0060	0	129,4784	0,0001324
0,0137	50,4574	76,2902	0,0000120

Продовження таблиці 5.1.

Поточний радіус, м	Радіальне напруження, σ_r МПа	Тангенціальне напруження, σ_t МПа	Радіальне переміщення, ΔR , м
0,0213	54,7203	67,1675	-0,0001076
0,0290	52,6316	62,2673	-0,0002271
0,0367	47,8815	57,8995	-0,0003466
0,0443	41,2910	53,2430	-0,0004663
0,0520	33,1258	48,0322	-0,0005862
0,0597	23,4930	42,1598	-0,0007065
0,0673	12,4425	35,5762	-0,0008270
0,0750	0	28,2554	-0,0009479

Таблиця 5.1 – таблиця розрахунків диска

Допустима кутова швидкість, $[\omega] = 1940$ рад/с

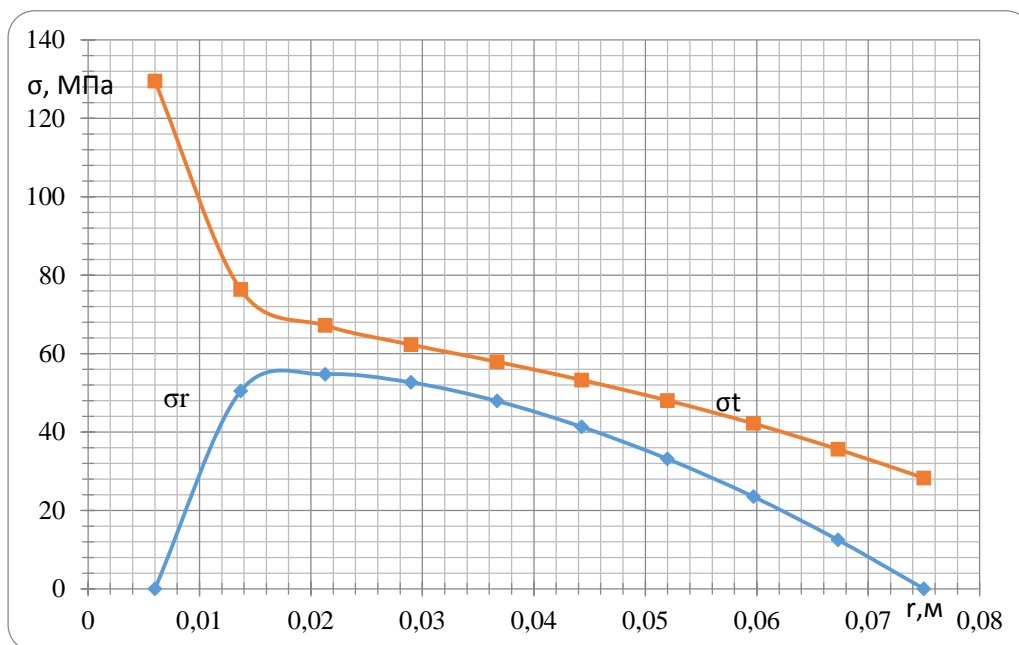


Рисунок 5.9 – графік залежності радіального і тангенціального напружень від поточного радіуса диска

Висновки: з графіка видно, що $[\sigma] > \sigma$ $137 \text{ МПа} > 129,5 \text{ МПа}$, тому умова міцності виконується. Також допустима кутова швидкість більша за швидкість обертання диска $[\omega] > \omega$ $1940 > 1884$.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

У відповідності до закону про охорону праці та навколишнього середовища, виробничі будівлі, приміщення, технологічне обладнання та процеси відповідають вимогам, які задовольняють безпечним умовам праці.

Апарати, які проектується відповідають вимогам техніки безпеки та виробничій санітарії. Жоден зразок нової технічної машини не може бути переданий до серійного виробництва, доки не буде відповідати вимогам охорони праці.

Охорона праці та оточуючого середовища включає в себе питання безпеки праці, запобігання причин травматизму і попередження професійних захворювань, аварійних ситуацій на виробництві; питання правової охорони праці.

Тема магістерської дисертації «Модернізація установки виробництва нізину із розробкою ферментера та сушарки». Контроль параметрів технологічного процесу здійснює оператор лінії, пульт якого знаходиться у виробничому приміщенні $S=240 \text{ м}^2$, $V=1300 \text{ м}^3$.

Небезпечними та шкідливими виробничими факторами при роботі і обслуговуванні лінії являють собою:

- вибухопожежонебезпека (надзвичайні ситуації);
- ураження електричним струмом;
- виробничий шум і вібрації;
- повітря робочої зони;
- виробниче освітлення;
- вплив механізмів, що обертаються і рухаються [25].

Електробезпека

Приміщення хімічної промисловості, по класифікації ПУЕ (правила установки електрообладнання) належить до приміщень з підвищеною небезпекою ураження працівників електричним струмом.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		109

Устаткування лінії, що розроблюється в проекті буде розташовано в сухому приміщенні з відповідними до норм температурою та вологістю повітря. Підлога приміщення виконана із залізобетону. На пульті управління машиніста напруга становить $U=220/380\text{В}$, частота струму $f=50\text{Гц}$. Тип електромережі – з глухозаземленою нейтраллю [25].

Заходи в робочому режимі:

- мала напруга;
- блокування безпеки;
- ізоляція в електроустановках; струмоведучі елементи мають бути покриті шаром діелектрика;
- стаціонарні огороження і розташування струмоведучих частин на недосяжній висоті;
- орієнтація в електроустановках.

Для забезпечення електробезпечності передбачені організаційні і технічні заходи:

- інструктаж і навчання безпечним методам і заходам праці;
- встановлення плакатів і знаків безпеки;
- ізоляція струмопровідних частин пульта керування ($R=0,5\text{ Ом}$);
- недоступність елементів лінії установки, що знаходиться під напругою (кабелі вкладаємо в полівінілхлоридові труби, піддати захисту: недоступність кабелів на висоті $h_{\min}=2,7\text{ м}$, застосування огорожувальних пристроїв);
- електророзділення мережі за допомогою розподіляючих трансформаторів спеціального призначення;
- рубильники включення замкнені в шафах спеціального призначення, різне кольорове фарбування пускового та робочого обладнання;
- встановлення блокування безпеки та огорожі;
- при роботі з електроінструментом (малі напруги), застосовуються індивідуальні захисні засоби, інструменти з подвійною ізоляцією, діелектричні рукавиці та калоші, гумові килими, ізольовані підставки [25].

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		110

На рисунку 4.1 зображено схему занулення.

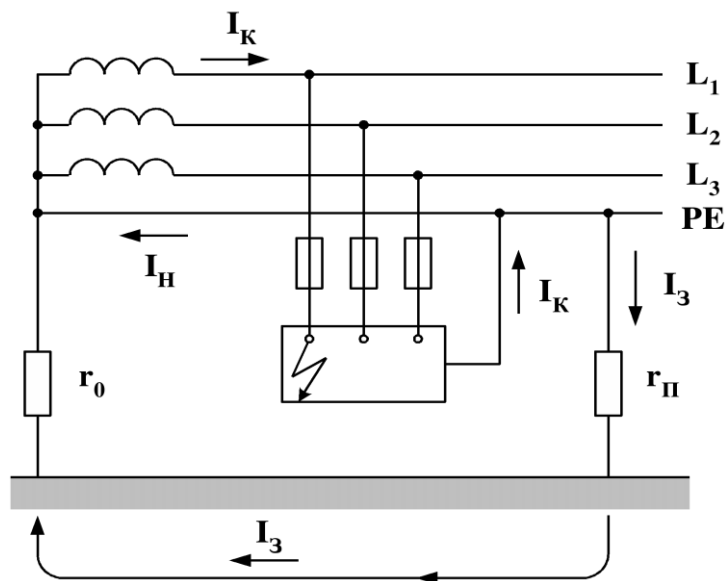


Рисунок 4.1 – Схема захисного занулення

При замиканні на корпус:

$$I_{к.з.} \geq 3 \cdot I_{ном.}$$

$$I_{к.з.} = U_{\phi} / (z_0 + z) = 220 / (0,4 + 0,2) = 360 \text{ А} > 240 \text{ А},$$

де $I_{ном} = 80 \text{ А}$ – номінальна сила струму; $z_0 = 0,4 \text{ Ом}$ – опір нульового провідника;
 $z = 0,2 \text{ Ом}$ – опір фазних проводів.

Вимоги до занулення полягають у наступному:

- провідність нульового проводу має бути не менше 50% провідності фазних проводів;

- має забезпечуватись неперервність нульового проводу від кожного корпусу до нейтралі джерела струму; у зв'язку з цим всі з'єднання нульового проводу повинні бути виконані нероз'ємними, у нульовий провід не дозволяється вмонтовувати пристрої МСЗ і комутуючі пристрої; допускається вмонтовувати лише такі комутуючі пристрої, які одночасно з розривом нульового проводу розривають і всі фазні;

- повторне заземлення нульового проводу має виконуватись на кінцях ПЛ і розгалужень від них при довжині 200 м і більше, а також при введенні ПЛ в будівлі, ЕУ яких підлягають зануленню; при розміщенні ЕУ поза будівлями, відстань від

ЕУ до найближчого заземлювача робочого чи повторного заземлень не повинна перевищувати 100 м

- провідники занулення обираються так, щоб при замиканні на нульовий захисний провід та приєднанні до нього корпуси ЕУ виникав струм короткого замикання, що перевищує не менше ніж в 3 рази номінальний струм плавкого елемента найближчого запобіжника, або нерегульованого розчеплювача або установку струму регульованого розчеплювача автоматичного вимикача зі зворотньою залежною від струму характеристикою [25].

В аварійному режимі використовувати пристрій занулення і захисне автовідключення. Біля затисків заземлення слід нанести незмивні червоні знаки "Земля". Вимоги до занулення відповідають ГОСТу 21.1.030-81/91.

Безпека впливу частин, що рухаються і обертаються

Механізми, які обертаються в лінії: обертові частини двигунів, вали насосів, вентиляторів. Ці механізми є небезпечними, оскільки можливе нанесення механічних травм людині, то в кожному з випадків деталі або вузли слід тримати за захисним огородженням, що повністю запобігає можливим механічним травмам. Для аварійної зупинки лінії передбачена кнопка аварійного відключення, що знаходиться в кабіні оператора [25].

Виробниче освітлення

Система штучного освітлення: загальна та комбінована. Проектом передбачено робоче, евакуаційне, аварійне і ремонтне освітлення.

Проектом передбачається штучне освітлення у всіх приміщеннях і на всіх площадках установки, мінімальна освітленість повинна становити $E_n=300$ лк. Для освітлення приміщення цеху приймаємо лампи ДРЛ400 потужністю 400 Вт,

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		112

напругою 220 В, світловим потоком $\Phi = 15000$ лм, кількістю 26 шт. $E_{\text{фак}} = 320$ лк, що відповідає вимогам ДБН В 2.5.28 – 2006 [25].

Шум і вібрація

Джерелом шуму при роботі обладнання є електродвигуни, вентилятори та насоси. Загальний рівень шуму становить ~100 дБА.

Для ослаблення виробничого шуму передбачено проведення наступних заходів:

- своєчасне змащування всіх поверхонь, що труться(10 дБА);
- своєчасний ремонт всіх механічних вузлів за регламентом(5 дБА);
- встановлення екранів, за допомогою футеровки корпусів двигунів і насосів(15дБа).

Фактичні показники шуму 70 дБА, що відповідають ДСН 3.36.037-99.

Робочий персонал, який обслуговує насосне відділення, необхідно забезпечити індивідуальними засобами захисту – протишумовими навушниками ПШН-Б, а також протишумовими вкладишами «Беруши СТ-1».

Джерелом вібрації являються електродвигуни і обертові частини лінії. Вібрації виникають внаслідок неточності при встановленні обертаючих та обертових частин, нещільного з'єднання корпусів до фундаменту.

Заходи проти вібрацій:

- використання гумових прокладок в якості амортизаторів;
- проектування додаткових ребер жорсткості;
- обладнання лінії встановлено на фундаменти, маса яких набагато перевищує масу встановленого обладнання [25].

Рівень вібрації у приміщеннях не перевищує 90 дБ при частоті 4 Гц, що відповідає ДСН 3.36.039 – 99.

Для захисту ніг від впливу загальної вібрації передбачено використовувати взуття на товстій гумовій підшві, відповідно до ГОСТ 12.4.002-74.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		113

Для контролю рівня шуму і вібрації передбачений прилад ВШВ-003 і шумо-та віброзамірний комплекс ШВК-1.

Сумарний час роботи в контактi з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни. Тривалість неперервної дії вібрації не перевищує 15-20 хв. При такому режимі обідня перерва повинна складати не менше 40 хвилин [25].

Повітря робочої зони

Під час роботи з миючими засобами може виділятися ПАР. Тому хімічний склад повітря повинен відповідати ГОСТ 12.1.005-88/98.

- З метою нормалізації повітря в приміщенні передбачено технологічні заходи:
- теплоізоляція устаткування, температура зовнішніх стінок якого перевищує 333 К, з розрахунку температура навколишнього повітря плюс 279 К;
 - герметизація технологічного устаткування [25].

Усунення шкідливих речовин, які виділяються при переробці матеріалів забезпечується замовником за допомогою встановлення зонти над ферментером. ГДК = 3,0 мг/м³ [25].

Приміщення, в якому працює лінія, обладнане витяжним зонтом. Повітря робочої зони відповідає ГОСТ 12.1.005-88/98.

Розрахунок механічної вентиляції містить визначення найбільш раціонального способу вилучення або попередження утворення токсичних, пожежовибухонебезпечних концентрацій пароповітряних сумішей (загальнообмінні або місцеві вентиляційні установки та системи); визначення необхідної кількості повітря для обмінної вентиляції, виходячи з відомої кратності повітрообміну в приміщенні, кількості шкідливих речовин, що вилучаються з приміщення, або надлишкового тепла. У зоні роботи операторів передбачається кондиціонування повітря [25].

$$A = a + 0,8 \cdot h = 2 + 0,8 \cdot 0,35 = 2,28 \text{ м.}$$

$$B = b + 0,8 \cdot h = 3 + 0,8 \cdot 0,35 = 3,28 \text{ м.}$$

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		114

Витрата, повітря, що вилучається витяжним зонтом:

$$L = 3600 \cdot S \cdot V_{cp} = 3600 \cdot 6 \cdot 0,55 = 11880 \text{ м}^3/\text{год},$$

де S – площа прохідного перерізу зонта, $S = 6 \text{ м}^2$; V_{cp} – середня швидкість повітря при видаленні шкідливих речовин у всмоктуючих зонах, $V_{cp} = 0,55 \text{ м/с}$.

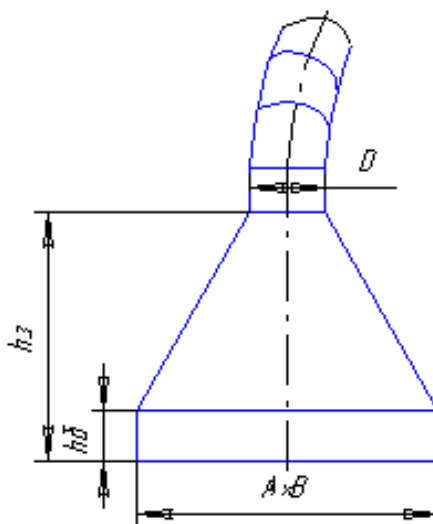


Рисунок 4.2 – Схема зонта

Для місцевої вентиляції вибираємо вентилятор МЦ-7 $p_n = 7 \text{ кг/м}^2$.

Фактичні концентрації та клас небезпечності шкідливих речовин, які виділяються, відповідають ГОСТ 12.1.005-98.

У всіх виробничих приміщеннях спроектовано парове опалення в зимову пору року.

В цеху підтримуються такі показники повітря: температура $t = 20 \dots 23^\circ\text{C}$, вологість $w = 40\text{--}60\%$, переміщення повітря $v = 0,2 \text{ м/с}$.

Технічні засоби, які забезпечують безпеку органів дихання: респіратор газопилозахисний «Клен-ГП», та респіратор ШБ-1 «Лепесток-200» [25].

Умови повітря робочої зони забезпечуються завдяки вище перерахованим технічним заходам, які відповідає ДСН 3.3.6.042-99.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		115

Пожежонебезпека (Надзвичайні ситуації)

1) В установці, що проектується в приміщенні, використовуються вибухо- та пожежонебезпечні речовини, які являють собою легкозаймісті рідини. У великій кількості вони можуть утворювати вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при збільшенні концентрації яких зростає ймовірність вибуху та розрахункового надлишкового тиску разом з ним всередині приміщення. Таким чином приміщення належить до категорії А, згідно ОНТП24-86. Клас зони – 2.

2) Найбільш ймовірні причини, що можуть викликати загорання внутрішнього обладнання та середовища в приміщенні:

- використання вогню в неналежному;
- місці несправність електроустаткування;
- струми короткого замикання і навантаження кабелів живлення;
- загорання ізоляції електропроводки;

Запобігання спалаху забезпечується такими мірами:

- паління тільки у відведених для цього місцях;
- своєчасним проведенням інструктажу з техніки безпеки серед обслуговуючого персоналу;
- дотримання технологічних норм і правил експлуатації;
- обмеження в застосуванні відкритого вогню;
- організація агітації по протипожежній безпеці;
- наявність засобів пожежогасіння в безпосередній близькості від установки (пісок, ковдри, вогнегасники);
- наявність засобів сигналізації, зокрема, системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) і засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною;

На проектуваному виробництві можливі наступні джерела загорання:

- прямий удар блискавки у виробниче приміщення;
- електричні іскри, розряди зарядів статичної електрики;
- замет високих потенціалів через наземні і підземні комунікації.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		116

Проектом передбачена система зв'язку й оповіщення, системи порошкового та пінного пожежогасіння, система протипожежного водопроводу, а також первинні засоби пожежогасіння для забезпечення вибухопожежної безпеки. До первинних засобів пожежогасіння належать: вогнегасники, пожежний інвентар (бочки з водою, пожежні відра, ящики з піском, совкові лопати, протипожежні покривала), а також пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири).

На виробництві використовуються балони, місткістю 2 і 5 літрів. Робочий тиск в них складає 9,8 МПа, оскільки це балон з вуглецевої сталі. На верхній сферичній частині кожного балона повинні бути чітко нанесені клеймуванням наступні дані:

- об'єм балона і його маса
- номер балону по системі нумерації виробництва, котре виготовило балон;
- товарний знак заводу, що виготовив балон;
- дата виготовлення (випробування) і рік наступного випробовування;
- різновид термообробки (N – нормалізація; V – закалювання з відпуском);
- робочий тиск і пробний гідравлічний тиск;
- клеймо ОТК.

Міцність балона перевіряють гідравлічним випробуванням, а герметичність – пневматичним у відповідності з вимогами до правил встановлення та безпечної експлуатації посудин, працюючих під тиском. Випробування здійснюють подачею пробного тиску, який становить півтора робочих тисків. Тривалість випробування мусить бути не менш ніж 15 хвилин. При гідравлічних випробуваннях не допускається наявність течі чи запотівання [25].

Випробування балонів на герметичність здійснюють заповненням його стиснутим повітрям до рівня робочого тиску та повного занурення ємність з водою, при цьому балон не повинен пропускати повітря. Тривалість випробування мусить бути не менш ніж 5 хвилин [25].

Гарантійний термін використання балонів – 2 роки з моменту вводу їх в експлуатацію.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		117

Для гасіння пожежі служать вуглекислотні вогнегасники типу ВП-3(3) у кількості 12 штук, що розташовуються в цеху.

Головна умова захисту проти вибуху – недопускання виникнення вибухової суміші в кількості, яка може спричинити вибух. Задля захисту проти вибухів передбачена аварійна вентиляція, $L > 8K$.

Аварійна вентиляція вмикається автоматично від спрацювання датчиків при досягненні 20% НКМВ в викидах 10% НКМВ [25].

Вогнегасники та пожежний інвентар мають червоне фарбування. Бочки з водою та ящики з піском окрім червоного фарбування повинні мати ще й відповідні написи білою фарбою. Пожежний інструмент фарбують в чорний колір. Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння встановлюються всередині виробничого приміщення. Вказані бочки мають бути укомплектовані пожежним відром з місткістю не менше 8 л. Ящики з піском мають бути місткістю 0,5, 1,0 та 3,0 м³ та укомплектовані совковою лопатою. Протипожежні покривала, що виготовлені з негорючого теплоізоляційного полотна, грубої бавовняної тканини, що мають площу не менше 2х1 м та 2х2 м.

Пожежогасіння в резервуарах здійснюється за допомогою стаціонарної установки пінного підшарового пожежогасіння.

Установки для пожежогасіння застосовуються в якості автономного засобу пожежогасіння і самостійно спрацьовують при температурі 72°C. Для протипожежного захисту насосної та компресорної установок використовується система порошкового пожежогасіння – модулі порошкового пожежогасіння у вибухозахищеному виконанні, згідно ДБН В.2.5-13-98 [25].

Для пожежогасіння невеликих ділянок загорання при вимкненому й увімкненому (до 1000В) електроустаткуванні використовують вуглекислотні вогнегасники з маркуванням ОУ-5 та порошкові вогнегасники з маркуванням ОП-10. В якості стаціонарних засобів для пожежогасіння у приміщеннях встановлені вогнегасники САМ-9 (21 ШТ) самостійного спрацьовування.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		118

У випадку пожежі в приміщенні передбачено два еваковиходи (двері) розміром 2,5х1,3м, які розташовані на відстані 16м та 28м від технічного обладнання.

Відстань до пожежних еваковиходів становить 16м, а їхня кількість – 2. Ширина прорізу для дверей еваковиходів становить 2,5м. Відповідно до СніП 2.09.02-85 кількість виходів має становити не менше двох. Ширина дверей евакуаційного виходу становить 2 метри. Двері евакуаційних виходів відкриваються назовні [25].

План евакуації зображено на рисунку 4.3.

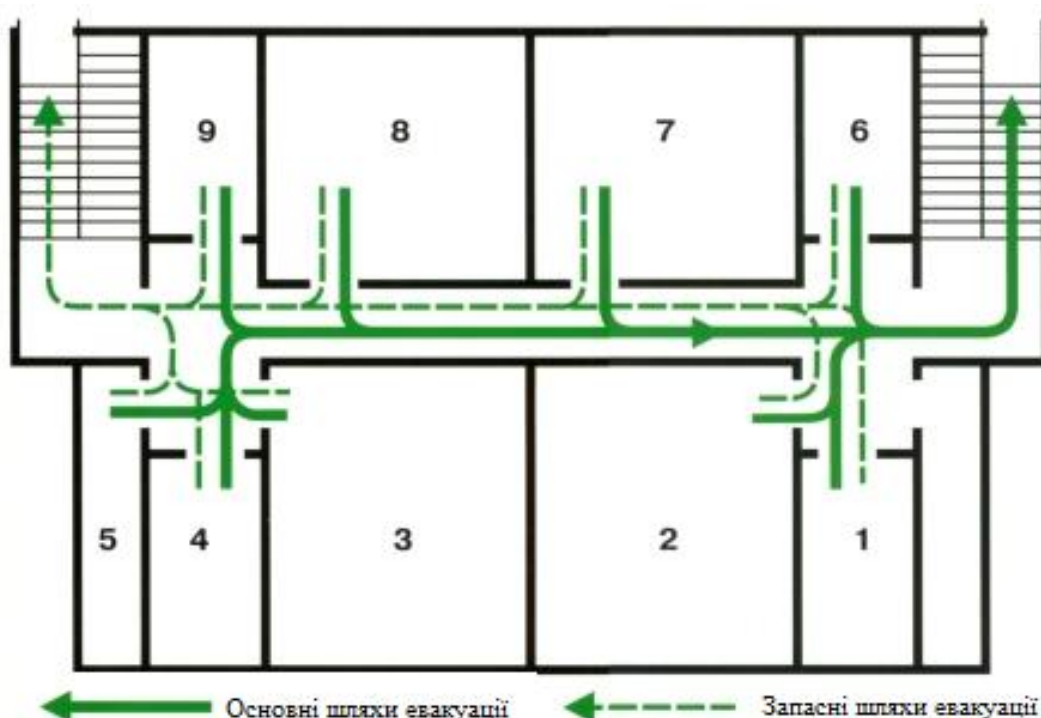


Рисунок 4.3 – План евакуації

Також заздалегідь необхідно розмістити на стендах плани евакуації. Проведення евакуаційних заходів під час надзвичайних ситуацій дозволяє захистити робітників від травм і смерті.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		119

6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апаратів установки виробництва нізину

Монтаж обладнання на хімічних та нафтопереробних підприємствах проводиться під час будівництва нових об'єктів, а також під час реконструкції і ремонту діючих. Монтаж обладнання і конструкцій здійснюється на основі технічної, нормативної, монтажної і виконавчої документації.

Для монтажу високих і важких апаратів, при неможливості використання кранів через їх недостатні грузопідйомні характеристики або розмірів монтажної площадки застосовують мачтові підйомники. Плюси мачт: менша вартість в порівнянні з кранами; можливість розташування апаратів на високі фундаменти; відносна простота процесу підйому і можливість застосування практично в любых умовах.

Крім того механізми і монтажне обладнання, необхідне для оснастки мачт, широко розповсюдженні і є в наявності практично в усіх монтажних організаціях. Правда такий спосіб монтажу має і свої недоліки: трудомісткість підготовки мачт до роботи, значна тривалість робіт.

Апарати встановлюється методом ковзання з відривом від землі двома нахиленими мачтами.

Апарат встановлюється перед фундаментом таким чином, щоб при встановленні він зайняв необхідне положення. По дві сторони від фундаменту з нахилом вбік від підготовленого до підйому апарату встановлюють дві мачти, оснащені поліспастами. Строповку здійснюють за монтажні гаки. Упевнившись в надійності оснастки і перевіrivши роботу всіх механізмів, починають підйом. За допомогою лебідок вибирають канати грузових поліспастів, і апарат починає пересуватися. При цьому його опорна частина ковзає по наперед підготовленій основі. Після відриву від землі апарат встановлюють вертикально, потім піднімають трохи вище фундаменту і плавно опускають на анкерні болти.

Затим контролюють відхилення апарату від вертикальності і затягують анкерні болти.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
						120
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Схема такого монтажу показана на рисунку 5.1.

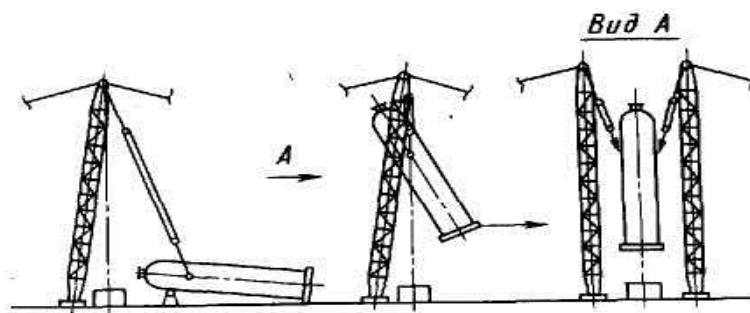


Рисунок 6.1 – Схема монтажу вертикального апарату мачтами методом ковзання із відривом від землі

Під час монтажу апаратів необхідно суворо дотримуватись вимог нормативно-технічних документів. Монтажні роботи також мають проводитись згідно з проектом провадження робіт, який передбачає створення умов для безпечного проведення робіт.

Під час експлуатації треба здійснювати контроль за корозією. Тобто перевіряти стан поверхні, що піддається корозії і визначати швидкість проникнення корозії. Апарати повинні бути заземлені.

Дотримання умов експлуатації щодо дії кліматичних факторів зовнішнього середовища, категорії розміщення і групи умов експлуатації кожної одиниці обладнання сприяє її ефективній експлуатації і продовжує термін її служби.

Змонтоване обладнання підлягає перевірці: гідравлічній і пневматичній на міцність; в холосту і під навантаженням.

Випробування вхолосту включають в себе: пробні пуски із зупинками для перевірки роботи всіх вузлів обладнання і усунення неполадок; безперервне випробування в холосту [26].

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		121

7 Рівень стандартизації та уніфікації

У даній магістерській дисертації розробляється ферментер з механічним перемішуючим пристроєм та сушарка, які входять до складу лінії по виробництву нізину; запропоновано найбільша допустима кількість уніфікованих та стандартизованих одиниць та параметри, що не погіршують якість основних показників установки.

При проектуванні апаратів використовуємо стандартні, уніфіковані вузли та деталі.

Ферментер:

Уніфікованими елементами конструкції являються: кришка та днище еліптичні відбортвані за ГОСТ 6533-68; циліндрична обичайка за ГОСТ 9617-67; фланці за ГОСТ 1282180; болти за ОСТ 26-2037-96; гайки за ГОСТ 9064-75; шайби за ГОСТ 906575; прокладки за ОСТ 26430-79; штуцери за АТК 24.218.06-90; шпильки за ГОСТ 9066-75; шпонки за ГОСТ 23360-78.

Рівень стандартизації:

$$K_c = \frac{n_c}{N} \cdot 100\% = \frac{611}{658} \cdot 100\% = 90,1\%.$$

Рівень уніфікації:

$$K_c = \frac{n_c + n_3}{N} \cdot 100\% = \frac{611 + 24}{658} \cdot 100\% = 96,5\%.$$

де N – загальна кількість елементів ферментера, $N=658$;

із них стандартних елементів $n_c=611$, уніфікованих елементів $n_3=24$.

Сушарка:

Уніфікованими елементами є: циліндричні обичайки за ГОСТ 9617-67; днища конічні за ГОСТ 12620-78; кришка пласка за ГОСТ 12623-78; штуцери за АТК 24.218.06-90; фланці за ГОСТ 1282180; прокладки за ОСТ 26430-79; болти за ОСТ 26-2037-96; гайки за ГОСТ 9064-75; шайби за ГОСТ 906575; шпильки за ГОСТ 9066-75.

Коефіцієнт стандартизації:

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		122

$$K_c = \frac{n_c}{N} \cdot 100\% = \frac{419}{462} \cdot 100\% = 90,69\%.$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_c = \frac{n_c + n_3}{N} \cdot 100\% = \frac{419 + 28}{462} \cdot 100\% = 96,75\%.$$

де N – загальна кількість елементів сушарки, $N=462$;

із них стандартних елементів $n_c=419$, уніфікованих елементів $n_3=28$.

Висновок. Розраховані значення коефіцієнтів стандартизації та уніфікації підтверджують, що під час проектування за основу було обрано якомога більше стандартних, нормалізованих і уніфікованих конструктивних елементів, деталей та вузлів. Це зроблено з метою спрощення ремонту, обслуговування та заміни елементів конструкцій.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		123

8. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

8.1 Опис ідеї проекту

Стартап має на меті впровадження новітніх технологій у всі сфери діяльності людини від малого, середнього до великого бізнесу. Основна ідея проекту наведена у таблиці 8.1

Таблиця 8.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Ідея проекту полягає в наданні повного спектру інженерних аутсорсингових послуг	1. Дослідження та аналіз процесів у хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Звернувшись до нас клієнт отримує можливість комплексно перевірити здатність обладнання до виготовлення певних видів продукту або обладнання та перевірити їх якісні властивості.
	2. Аналіз процесу та обладнання в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Звернувшись до нас клієнт отримує повну звітність щодо процесів та сучасного обладнання в короткі терміни, високої якості за більш низькою ціною.
	3. Модернізація обладнання в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Звернувшись до нас клієнт отримує можливість провести модернізацію обладнання щодо інтенсифікування процесів в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва
	4. Фінансова звітність та консалтингові послуги в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Звернувшись до нас клієнт отримує можливість контролювати свою фінансову звітність та отримати консультування з широкого кола питань у сфері фінансової, комерційної, технологічної, технічної діяльності.
	5. Розробка програмного забезпечення в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Звернувшись до нас клієнт отримує можливість отримати, якісні та сучасні розробки.

Такий підхід дає можливість надати повний спектр послуг користувачу.

Проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно з пропозиціями конкурентів:

- визначено перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- визначено попереднє коло конкурентів, що вже існують на ринку, та проведено збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів;

- проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (таблиця 8.2).

Таблиця 8.2 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

п/п	Характеристики ідеї	(потенційні) послуги конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Укроргсинтез	Хіммаш	Хімнафтомашпроект			
1.	Інженерні послуги в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Має. Надає повний комплекс аутсорсингових послуг для хімічної і нафтопереробної промисловості	Має. Надає комплекс аутсорсингових послуг для хімічної промисловості.	Має. Надає комплекс аутсорсингових послуг для хімічної промисловості.	Має. Надає комплекс аутсорсингових послуг для хімічної промисловості.	-	-	+ Конкуренти не спеціалізуються на нафтопереробній промисловості, лише у хімічній
2.	Дослідження та аналіз в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Має	Не має	має	Не має	-	-	+ Конкуренти цієї послуги немає

Продовження табл. 8.2

3.	Фінансова звітність та консалтингові послуги	має	має	Не має	Не має	-	-	+ Конкуренти цієї послуги не мають
4.	Розробка програмного забезпечення	має	Не має	Не має	Не має	-	-	+
5.	Креативний дизайн апаратів хімічної та нафтопереробної промисловості	Не має	Не має	Не має	має	-	+	-
6.	Послуги архітектора	немає	має	немає	має	+	-	-

Визначений перелік слабких (а саме послуги архітектора), сильних (спеціалізація в нафтопереробній промисловості) та нейтральних (креативний дизайн апаратів хімічної та нафтопереробної промисловості) характеристик та властивостей ідеї потенційних послуг, що є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

У межах даного пункту проведено аудит способу, за допомогою якого можна реалізувати ідею проекту та наведено його у таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Надання повного спектру інженерних аутсорсингових послуг	Створення веб сайту та оренда офісу з комп'ютерною технікою для роботи персоналу. Інтелектуальні ресурси підприємства включають інтелектуальну працю та інтелектуальні продукти, що будуть патентуватися по мірі створення	Дані технології існують. В розробці/добробці їх немає необхідності, оскільки ми будемо залучати вже освічених фахівців, що вже мають спеціальну інженерну освіту	Так, дані технології доступні.

За результатами аналізу видно, що можливості технологічної реалізації проекту, та методи реалізації є можливими.

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Основні оператори ринку:

Основними операторами ринку є державні та приватні конструкторські відділи, які виконують роботу тільки на власні підприємства та організації, що виконують консалтингові послуги в сфері інжинірингу, аудиту та аутсорсингу. Характеристика наведена у таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап - проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
11	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од.	990000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Масштабність
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO, ДСТУ, УДК
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	79

За результатами аналізу таблиці можна зробити висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Економічні та соціальні тенденції ринку:

На даний момент ринок знаходиться на стадії введення. Економічна ситуація в Україні та поступовий вхід України до Європейського Союзу вимагає перепрофілювання наших підприємств, збільшення конкурентоспроможності промисловості та введення нових інноваційних технологій та інвестицій.

Проведений аналіз вказує, що в останній час консалтингові послуги мали тенденцію спаду, все це пов'язано з кризою в 2010, 2012 роках та військові дії на сході на початку 2014 року. Проте зараз динаміка зростаюча, оскільки ринок надання консалтингових послуг переважно розвивається після кризових періодів. На даний

момент економіка України перебуває на етапі виходу з кризи, внаслідок чого розвиток консалтингового ринку розвивається повільно. Але в подальшому даний ринок може стрімко розвиватись, оскільки Україна вступила в зону вільної торгівлі з Європейським союзом. Саме це може спричинити ряд проблем на ринку України, оскільки виникає необхідність стандартизувати продукцію, що виробляється згідно вимог ЄС.

Географічне розміщення споживачів даного ринку є неоднорідним по світу. Найбільше споживачів знаходиться в країнах, що розвиваються. Саме тому ринок інжинірингу, аудиту, аутсорингу є перспективним. Головною ціллю багатьох підприємств є перевага в конкуренції перед іншими конкурентами, тобто підприємства повинні бути конкурентоспроможними.

Це можна зробити покращенням якості виготовленої продукції, зменшенням затрат на виробництво та експлуатацію обладнання, створення нового асортименту продукції тощо.

Конкуренція на даному ринку є невеликою, оскільки даний вид діяльності є новим. Оскільки в минулому більшість підприємств мали власні відділи, що займались даним видом діяльності, а саме конструкторські бюро, відділи постачання та продажу. Наш проект передбачає співпрацю з клієнтом згідно його вимог, з захистом інтелектуальної власності клієнта. Виконана робота на вимогу клієнта не розголошуватиметься, крім цього наш проект передбачає допомогу в патентуванні розробок клієнта, якщо це є необхідним для нього. Також ми можемо запропонувати клієнту власні розробки, модернізації та інновації за вигідними умовами.

Канали розподілу інжинірингового ринку розміщуються насамперед в великих містах, з розвиненою промисловістю. А саме в м. Києві, Дніпрі, Харкові, Львові та інших містах де розміщуються великі підприємства з обробки металів, переробки полімерів тощо.

Споживча поведінка клієнтів на даний момент набуває великого значення для старту проекту, оскільки від репутації нашої компанії залежить довіра потенційних покупців. Саме тому окрім рекламування наших послуг в соціальних мережах та

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		128

інтернеті необхідно підтримувати репутацію. Насамперед це можна забезпечити високою якістю виконаних послуг для клієнтів, внаслідок чого можлива довгострокова співпраця з декількома клієнтами. Їхні конкуренти можуть помітити ці позитивні зміни та також піти на співпрацю з нашим проектом.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 8.5).

Таблиця 8.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Потреба в інноваційних високоефективних проектах і економії на заробітних платах для подолання наслідків попередніх економічних криз	Хімічні компанії, харчові компанії та компанії, що займаються нафтопереробкою	Необхідність виготовлення продукції у відповідності до різних норм та стандартів	-якість: стандарти, нормативи, вимоги -швидкість надання послуг, -доступність.

На основі проведеного аналізу ринкового середовища (див. Додаток А): складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (таблиці №№ 8.6-8.7).

Таблиця 8.6 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Економічні: Війна Підвищення цін на сировину у постачальників (виробництво солей, кислот і лугів, а також на нафтопродукти)	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару через те, що Донецький металургійний завод знаходиться під владою “ДНР” Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару, відповідно впливає на прибуток компанії	Війна впливає таким чином, що стає неможливим закупівля металу на Донбасі Підвищення ціни на сировину впливає на прибуток компанії
Політико-правові: «Закон України про підприємницьку діяльність»	Впливає на працездатність проекту, недостатня підтримка державою нових підприємств.	Напрямок імпорту/експорту в країни Євросоюзу. Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця - країни Євросоюзу.

Таблиця 8.7 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Науково-технічні Зміна технології виготовлення обладнання, які зараз планується використовувати в проекті	Залучення молодих та перспективних кадрів та співпраця з вищими навчальними закладами	Розробка нового обладнання та конструкційних елементів апаратів. Впровадження даної технології та декларування власної ціни на дану пропозицію щодо розробки обладнання та конструкційних елементів.
Демографічні: Зростання населення, відповідно зростання числа покоління Z, як найбільш просунутої ланки суспільства.	Збільшення попиту на різні типи продукції хімічної і нафтопереробної промисловості	Збільшення числа потенційних клієнтів в майбутньому.
Соціально-культурні: Консервативність поглядів споживачів	Небажання споживачів купувати нове обладнання, а модернізувати старе	Пропонувати споживачам замість купівлі нового обладнання модернізацію їх виробництва за допомогою наших послуг

Надалі проводимо аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (таблиця 8.8).

Таблиця 8.8 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємств а (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції Олігополія	Мала кількість спеціалістів здатних виконувати комплексну роботу.	Співпраця з технічними вузами за для покращення якості розробок
2. За рівнем конкурентної боротьби національний	Якісні інженерні послуги необхідні на кожному підприємстві, при цьому якщо на національному рівні мати перше місце, тоді й вийти на міжнародний ринок буде легше.	Надання консалтингових послуг нашим інженерним відділом.
3. За галузевою ознакою міжгалузева	На підприємстві працюють працівники здатні надавати широкий спектр послуг.	Наша компанія охоплює майже усі напрямки розробок і може надати якісні консалтингові послуги.
4. Конкуренція за видами товарів товарно-видова між бажаннями	У нас є типові конструкції та є можливість розробки індивідуальних апаратів, заснованих на модернізації конструкційних елементів.	Підприємство орієнтоване на малий, середній та великий бізнес. І має можливості проектувати відповідне обладнання

Продовження табл. 8.8.

5. За характером конкурентних переваг цінова	Наша компанія буде мати як і конкуренцію по низькій ціні так і на якості продукції. Наша мета робити якісне і дешеве обладнання	Дасть можливість зайняти нішу якісного дешевого обладнання в Україні та світі.
6. За інтенсивністю - марочна	Наша мета зробити всесвітньо відомим наш бренд	Це дасть можливість надавати послуги по усьому світу.

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (таблиця 8.9).

Таблиця 8.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Всі підприємства, які займаються консалтингом і аутсорсингом промислових підприємств: Хімнафтомашпроєкт, Укроргсинтез, Хіммаш	Конкурентом може стати підприємство яке почне співпрацювати з технічними вузами.	Постачальники мають малий вплив на наш основний напрям (консалтинг аутсорсинг) але має вплив на напрям по продажу товарів (комплектуючих виробів та ін.)	- не конкурентно спроможне обладнання -високі ціни на товари -не якісні послуги - без інноваційне.	—
Висновки	На даному етапі розвитку в Україні дуже мало підприємств які можуть провести якісну оцінку роботи підприємства та вказати їхні недоліки.	На сьогодні будь який мислячий на перспективу інвестор може стати нашим конкурентом почавши співпрацювати з університетам и Чи технічний ВНЗ, що почне співпрацювати з інвесторами	Так від постачальника буде залежить час поставки комплектуючих та його мінімальна вартість.	Клієнту завжди необхідне: конкурентно спроможне обладнання за низькою ціною якісне та інноваційне	Даний пункт не є актуальним для нашого підприємства через те що ми надаємо комплексний спектр послуг

На основі аналізу конкуренції, проведеного в табл.8.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 8.4), вимог споживачів до послуг (табл. 8.5) та факторів маркетингового середовища (табл. 8.6-8.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за таблицею. 8.10.

Таблиця 8.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Ціна	Будь-який клієнт хоче отримати якісні послуги за доступною ціною. Так як ми будемо співпрацювати з науково-технічною базою університету ми зможемо залучати молодих фахівців для розробки обладнання також низька ціна буде через те що обладнання буде продаватися не одному замовнику а буде продаватися на сайті і кожен підприємець зможе його купити.
2	Якість(швидкість надання послуг та надійність співпраці з компанією)	Будь-який клієнт хоче отримати послуги за короткий час (при цьому якісні), та мати зворотній зв'язок (бути прозвітованим щодо виконаних робіт за певний проміжок часу). При замовленні документації покупець буде отримувати якісну документацію та матиме можливість звернутися до нас за консультаціями.
3	Асортимент	Широкий асортимент послуг постачальника значно економить час клієнта. Ми надаємо повний і широкий комплекс послуг по розробці виготовленню і монтажу а також постачаємо комплектуючі по низьким цінам
4	Рівень концентрації виробництва	Зосередження виробництва продукції та надання послуг у повному обсязі.

За визначеними факторами конкурентоспроможності (таблиця 8.10) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (таблиця 8.11).

Аналіз сильних та слабких сторін виробничого процесу говорить про наступне. Конкурентоспроможність залежить від цінової еластичності попиту, якістю надання послуг, якістю обладнання та конструкційних елементів, асортименту та рівню концентрації виробництва.

Таблиця 8.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/ п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні проектом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Ціна	5		△			□		
2.	Якість(швидкість надання послуг та надійність співпраці з компанією)	10			□		△		
3.	Швидкість надання послуг	10			□	△			
4.	Асортимент	8	△	□					
5.	Рівень концентрації виробництва	0				□		△	
* □ – flatworldsolutions.com △ – ukrengsol.com		Сильні сторони				Слабкі сторони			
		Низька ціна				Якість кінцевої продукції (апаратів та обладнання конструкційних елементів), Швидкість надання послуг, Асортимент			
		Якість кінцевої продукції (апаратів та обладнання конструкційних елементів), Рівень концентрації виробництва				Асортимент, Висока ціна на послуги			

За аналізом таблиці 8.11 до сильних сторін можна віднести такі показники, як якість обладнання та конструкційних елементів, швидкість надання консалтингових послуг та асортимент. До слабких сторін відносяться такі показники, як цінова еластичність попиту та рівень концентрації виробництва.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) (таблиця 8.6) та можливостей (Opportunities) (таблиця 8.7) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 8.12).

Таблиця 8.12– формулювання управлінської проблеми SWOT- аналіз.

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - новизна проекту; -спроможність проекту збільшити конкурентоспроможність споживачів підприємств промисловості; - низька вартість впровадження проекту (його можна створити навіть власними зусиллями); - можливо збільшити кількість наданих послуг та працювати з обладнанням в інших видах промисловості (фармацевтична, машинобудівна тощо), -більш швидкий вихід розроблених апаратів на ринок. 	<ul style="list-style-type: none"> - низька дохідність проекту внаслідок низької зацікавленості споживачів; - програш компаніям-конкурентам; - відсутність послуг архітектора
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - залучення молодих та перспективних кадрів та співпраця з вищими навчальними закладами; - збільшення попиту на різні типи продукції хімічної і нафтопереробної промисловості; - небажання споживачів купувати нове обладнання, а модернізувати старе. 	<ul style="list-style-type: none"> - криза, інфляція, підвищення цін на сировину. Вплив на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару; - недостатня підтримка державою нових підприємців; - дорого вартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії.

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (таблиця 8.13).

Таблиця 8.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Загарбник	Значні	Максимум рік
2	Наступник	Суттєві	Максимум рік

Після аналізу обираємо альтернативу наступник. Мета при цьому полягає в підвищенні рентабельності за рахунок максимально широкого використання ефекту досвіду.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		134

8.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 8.14).

Таблиця 8.14 – вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1	Малі приватні промислові підприємства хімічної та нафтопереробної галузей	Висока	Високий	Мала	Висока
2	Великі промислові підприємства хімічної та нафтопереробної галузей	Середня	Середній	Висока	Середня

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 8.15). Має сенс сконцентруватися на сегменті великих промислових підприємств, бо вони більш стабільні на ринку, ніж малі приватні підприємства.

Таблиця 8.15 – визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто-спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Наступник	Концентрація на потребах одного цільового сегменту	Надання інженерних консалтингових послуг малим промисловим підприємствам	Стратегія спеціалізації на нафто-хімічній галузі

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 8.16).

Таблиця 8.16 – визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	На території України для малих і середніх підприємств проект не є першопрохідцем.	В планах компанії пошук нових споживачів та розширення своєї діяльності в інших країнах	Копіювання популярних послуг на ринку такі як: - Розробка програмного забезпечення - Аудит підприємства - Архітектура та дизайн	Стратегія виклику лідера - CDM Engineering Ukraine

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. таблиця 8.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (таблиця 8.15) та стратегії конкурентної поведінки (таблиця 8.16) розробляється стратегія позиціонування (таблиця 8.17). що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торговельну проект.

Таблиця 8.17 – визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту*
	Якісне надання послуг з урахуванням всіх стандартів, норм та вимог	Стратегія спеціалізації	Стратегія виклику лідера	Конкуренто-спроможні аутсорсингові послуги

8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції послуги, яку отримає споживач. Для цього у табл. 8.18 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 8.18 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує послуга	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Потреба в обладнанні потреба в підвищенні кінцевої продукції	Швидкість, надійність(надання консультацій в продовж року) та комунікабельність персоналу, економія на ЗП	Швидкість, невисока ціна, надійність та комунікабельність персоналу

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 8.18). Орієнтовний перелік можливих характеристик товару наведено у методиці [29].

До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

- Економічні – вартість обслуговування, експлуатації, утилізації, витратних матеріалів, ремонту, знижки;
- Призначення (технічні) – показники, що визначають головний напрямок використання товару та можливу сферу його застосування: класифікаційні показники, складу і структури, технічної досконалості;
- Надійності – здатність товару безвідмовно функціонувати: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;
- Технологічні – можливість оптимізації витрат матеріалів, праці, коштів, часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення та використання товару;
- Ергономічні – показники ступеню адаптованості технічних та конструктивних рішень виробу до біологічних властивостей людини та середовища використання товару: гігієнічні, антропометричні, фізіологічні та психологічні;

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		137

- Органолептичні – визначають властивості товару, які людина може визначити за допомогою своїх органів чуття;
- Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд товару;
- Транспортабельності – визначають пристосованість продукції до транспортування, підготовчих, початкових і кінцевих операцій перевезення;
- Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля;
- Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару.

Формулюємо три рівні товару: товар за задумом, товар у реальному виконанні та товар із підкріпленням. Далі розглядаємо техніко-економічні характеристики кожного рівню товару, отримані дані вносимо до таблиці 8.19.

Таблиця 8.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Послуга за задумом	Опис базової потреби споживача, яку задовольняє послуга (згідно концепції), її основної функціональної вигоди:		
	Надання надійного та високо кваліфікованому інженерного аутсорсингу, що дозволяє зменшити витрати на утримання штату працівників.		
II. Послуга у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Економічності: зниження затрат на ремонт обладнання, зменшення простоїв виробництва; 2. Призначення: хімічні, харчові та будівельні компанії. 3. Технологічні: оптимізації витрат праці та часу. 4. Ергономічність: зручність та доступність до всіх елементів конструкції; 5. Безпека: відповідність нормативам; 6. Екологічність: відповідність нормативам.	–/+	+ /+ /+ /+ /+
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші.		
	Інженерна та консалтингова документації виконані з логотипом підприємства.		
	Марка: Парменід		

Продовження табл. 8.19.

III. Послуга із підкріпленням	До продажу: представлення клієнту проекту
	Після продажу: гарантійні консультації
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Використання власних запатентованих розробок та методів оптимізації, консультування та шляхів розв'язку проблеми.	

Захист буде організовано за рахунок захисту ідеї товару у патентному відомстві.

Далі визначаються цінові межі, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 8.20). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 8.20 - Визначення меж встановлення ціни

п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	500000 грн/1 замовлення	250000 грн – ціни невисокі	Підприємства великі, середні та малі(цехи)	250000-450000.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 8.21):

Таблиця 8.21 - Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Замовлення проекту	Швидкість виконання, надійність(надання консультацій в продовж року)	Нульового рівня	Власні сили

При визначенні оптимальної системи збуту було вирішено, що ми будемо проводити збут власними силами.

Останньою складової маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 8.22).

Таблиця 8.22 - Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування
Орієнтована на використання вузькоспеціальної комунікації, що визначається особливістю галузевої приналежності	Інтернет, виставки, друкована продукція	<p>Спеціалізовані виставки такі як:</p> <p>Міжнародна спеціалізована виставка ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ/ПОЖТЕХ;</p> <p>Міжнародний авіакосмічний салон АВІАСВІТ;</p> <p>Галузева експозиція ПЕК УКРАЇНИ;</p> <p>Міжнародна спеціалізована виставка гірничодобувної промисловості MINING INDUSTRY EXPO;</p> <p>Міжнародна спеціалізована виставка НАФТОГАЗЕКСПО;</p> <p>Міжнародний водний форум AQUA UKRAINE;</p> <p>Міжнародна агропромислова виставка АГРОФОРУМ;</p> <p>МІЖНАРОДНИЙ ПРОМИСЛОВИЙ ФОРУМ; Міжнародна спеціалізована виставка PLAST EXPO UA.</p> <p>На виставках буде розповсюджуватися друкована продукція. В мережі інтернет буде здійснюватися, адресна розсилка комерційних пропозицій за базою даних потенційних клієнтів, також буде розміщено рекламу на основних профільних сайтах та в соціальних мережах.</p>

Результатом пункту 8.5 створено ринкову програму, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		140

переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

8.6 Висновки до розділу

Відповідно до проведеного аналізу перспективи впровадження з огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції, конкурентоспроможність проекту поява даного проекту є актуальна так як на ринку мала кількість компаній яка надає такий спектр послуг. І має перспективи росту на ринку послуг який відновлюється.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		141

Висновки

В магістерській дисертації модернізовано лінію по виробництву нізину.

Проведено опис технологічного процесу виробництва нізину. Підібрані ферментер і сушарка. Обґрунтовано обрані конструкції та вибрані технічні характеристики. Проведено патентний пошук. Розроблено заходи щодо вимог охорони праці. Виконані розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій апарату. Надано рекомендації з монтажу та експлуатації. Розроблено стартап-проект. Оцінено рівень стандартизації та уніфікації розроблюваних апаратів. Проведено розробку технологічного процесу виготовлення деталі (підп'ятник) та схеми автоматичного керування технологічним процесом установки.

Модернізація заводу з виробництва нізину шляхом встановлення турбінних мішалок з лопатями, які встановлюються під кутом над отворами в нижньому покривному диску. Внаслідок модернізації процес перемішування посилився.

Графічна частина складається з десяти малюнків формату А1. Креслення схеми установки виробництва нізину, функціональної схеми автоматики, складальні креслення, складальні креслення ферментатора і сушарки, її упорний підшипник представлені. Технічні умови складаються для складальних креслень.

За результатами роботи подано деклараційний патент України на корисну модель турбінної мішалки та опубліковано дві тези доповідей на Міжнародних конференціях та одна Всеукраїнській конференції.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		142

Выводы

В магистерской работе была модернизирована линия по производству низина.

Дано описание технологического процесса производства низина. Подобраны ферментер и сушилка. Обоснованно выбраны конструкции и выбранные технические характеристики являются обоснованными. Проведен патентный поиск. Разработаны мероприятия, отвечающие требованиям охраны труда. Выполнены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкций аппаратов. Даны рекомендации по монтажу и эксплуатации. Разработан стартап-проект. Оценен уровень стандартизации и унификации разрабатываемых аппаратов. Разработана технологическая схема изготовления детали (упорный подшипник) и схемы автоматического управления технологическим процессом установки.

Проведена модернизация установки по производству низина путем установки турбинных мешалок с лопастями, которые расположены под углом над отверстиями в нижнем покровном диске. В результате модернизации интенсифицировали процесс перемешивания.

Графическая часть состоит из десяти чертежей в пересчёте на формат А1. Выполнены чертежи схемы установки производства низина, функциональная схема автоматизации, сборочные чертежи сушилки и ферментера, его подпятника. К сборочным чертежам составлены спецификации.

По результатам работы подан декларативный патент Украины на полезную модель турбинной мешалки и опубликовано два тезиса докладов на международных конференциях и одна на Всеукраинской конференции.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		143

Conclusions

In the Master's thesis the line for the production of nisin has been modernized.

A description of the technological process to produce nisin is provided. A fermenter and dryer is selected. The chosen designs and selected technical characteristics are justified. A patent search is conducted. Measures that meet safety requirements are developed. Calculations, which confirm the efficiency and reliability of apparatus designs are performed. The installation and operation recommendations are given. A startup project is developed. The level of standardization and unification of the developed devices is estimated. The development of a technological process to manufacture a component (thrust bearing) and schemes of automatic control of the technological process of the plant is carried out.

The modernization of the factory for the production of nisin by installing turbine agitators with blades at an angle above the holes in the lower cover disk is implemented. As a result of modernization, the process of mixing has been intensified.

The graphic part consists of ten drawings in A1 format. The drawings of the scheme of the plant to produce nisin, the functional scheme of automation, assembly drawings, assembly drawings of the fermenter and dryer, its thrust bearing are provided. Specifications are compiled for assembly drawings.

Based on the results of the work, a declarative patent of Ukraine for a turbine agitator model has been received and two theses have been published at International conferences and one All-Ukrainian conference of young scientists and students.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		144

Перелік посилань

1. <http://vianoks.com.ua/molochnaya-promyshlennost/item/nizin-2.html> від 11.11.19.
2. Патент № 2585521 (RU), МПК C12P 1/04 (2006.01); C12M 1/02 (2006.01); C12M 1/12 (2006.01); C12M 1/36 (2006.01); C12R 1/46 (2006.01); Способ и технологическая линия производства низина/ Иванова М.А. (RU); Заявка № 2015108020/10, 10.03.2015; Опубл. 27.05.2015; Бюл. № 15.
3. <https://helpiks.org/9-10263.html> від 11.11.19.
4. <http://um.co.ua/10/10-2/10-23887.html> від 11.11.19.
5. Процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: підруч. / Я.М.Корнієнко, Ю.Ю.Лукач, І.О.Мікульонок та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – Ч.2. – 416 с. – Бібліогр.: с.415-415. 400 – пр.
6. ГОСТ 9931-85. Корпусы цилиндрические стальных сварных сосудов и аппаратов. Типы, основные параметры и размеры. Грачева И.М., Гаврилова Н.Н., Иванова Л.А. Технология микробных белковых препаратов, аминокислот и жиров. — М.: Пищевая промышленность 1980. — 448 с.
7. Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник.—Л.:Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1981.—382 с., ил.
8. http://bionano.kemsu.ru/files/%D0%B1%D1%83%D1%88%D1%83%D0%B5%D0%B2%D0%B0_%D0%B2%D0%BA%D1%80.pdf від 11.11.2019.
9. Лашинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры - Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
10. ГОСТ 6533-78 Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры.
11. В.Н. Соколов. Аппаратура микробиологической промышленности/ М.А.Соколов., М.А.Яблокова. – Л.: Машиностроение 1988. – 278 с.
12. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов/ Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. –10–у изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		145

13. Брагинский Л.Н., Бегачев В.И., Барабаш В.М. Перемешивание в жидких средах: Физические основы и инженерные методы расчёта. – Л.:Химия, 1984. – 336.
14. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии/ Иоффе И.Л. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
15. ГОСТ 25867-83 «Сосуди с оболонками. Норми и методи расчета на прочность». ”. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1989 - 36с
16. ГОСТ 14249-89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность
17. Доброногов В.Г., Микуленок І.О. Конструювання опорних вузлів хімічних апаратів і перевірка несучої спроможності обичайок щодо опорних навантажень. – К.: ІСДО, 1995. – 184с.
18. В. Г. Доброногов. Алгоритм расчета на виброустойчивость валов механических перемешивающих устройств: Методические указания к применению числительной техники в курсе “Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств” / В. Г. Доброногов, О. Г. Зубрий, Л. Г.Воронин. – К.: КПИ, 1990. – 39 с.
19. В. Г. Доброногов. Алгоритм расчета на жесткость валов механических перемешивающих устройств : Методические указания к применению вычислительной техники в курсе “Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств” / В. Г. Доброногов, О. Г. Зубрий, Л. Г. Воронин . – К.: КПИ, 1989. – 60 с.
20. В. Г. Доброногов. Алгоритм расчета на прочность валов механических перемешивающих устройств: Методические указания к применению числительной техники в курсе “Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств” / В.Г.Доброногов, О.Г. Зубрий, Л. Г. Воронин. – К.: КПИ, 1990. – 39 с.
21. Кремнев О. А., Боровский В. Р., Долинский А.А. Скоростная сушка.- К.: Гостехиздат, 1963.- 382 с.
22. <http://thermalinfo.ru/svoystva-gazov/gazovye-smesi/fizicheskie-svoystva-vozduha-plotnost-vyazkost-teploemkost-entropiya> від 11.11.2019.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		146

23. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B0#:~:targetText=%D0%9C%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D0%B5%D1%82%20%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B6%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%2D%20%D0%B8%20%D0%B7%D0%B2%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D1%81%D0%B2%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0%D0%BC%D0%B8.&targetText=%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C%20%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8B%20%CE%BB%20%3D%200%2C035,%D1%81%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%20%D0%B7%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D1%81%D0%B8%D1%82%20%D0%BE%D1%82%20%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D0%B0.> від 11.11.2019.

24. Бабенко А.Є., Боронко О.О., Шукаєв С.М., Заховайко О.П., Трубачев С.І., Колодежний В.А., Лавренко Я.І., Бабак А.М. Механіка матеріалів і конструкцій. [Текст]: Навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю «Прикладна механіка» / А.Є. Бабенко, О.О. Боронко, С.М. Шукаєв, О.П. Заховайко, С.І. Трубачев, В.А. Колодежний, Я.І. Лавренко, А.М. Бабак. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 191 с.

25. Охрана труда и производственная безопасность: Учебно-методическое пособие / А.А. Раздорожный, – М.: Экзамен, 2005. – 512 с.

26. М. И. Васильев. Монтаж вертикальных тяжеловесных аппаратов и конструкций/ М. И. Васильев. – М.: Стройиздат, 1973. – 288 с.

27. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		147

28. Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти / наук. керівник проекту акад. НАН України М. З. Згуровський // Міжнародна рада з науки (ICSU); Комітет із системного аналізу при Президії НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»; Інститут прикладного системного аналізу НАН України і МОН України; Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку. — Київ : НТУУ «КПІ», 2015. — 136 с. ISBN 978-966-622-716-7.

29. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on ‘the Four-Dimensional Thinking’ in Information Society // Marketing and Management of innovations. – 3’2017. – P.245-256.-DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.

30. Юдіна Н.В. Міждисциплінарні платформи стартап-проектів [Електронний ресурс] // Міждисциплінарні дискусії : Матеріали науково-теоретичного семінару «Міждисциплінарні дослідження: теоретико-методологічні виміри», 5 грудня 2017 р. – Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка Інститут міжнародних відносин Навчально-науковий центр «Синтез». – 2017. – С. 20-24. – Режим доступу [http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20\(1\).pdf](http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20(1).pdf).

31. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016). <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>

32. Юдина Н. В. Антикризисные маркетинговые инструменты инновационного развития предприятий / Н.В. Юдина // Маркетинг и финансы. – 2014. – Т. 1. – С. 60– 72.

33. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		148

грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступа : http://futuurolog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml.

34. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступа : http://futuurolog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml.

35. Юдіна Н. В. «Дорожня карта» підприємства у контексті футурології техногенної економіки. Традиції і інновації. [Електронний ресурс] / Н. В. Юдіна // Інновації та фундаментальні науки в умовах техногенної економіки : зб. матеріалів міждисциплінар. наук.-практ. конф., Київ, 25 листоп. 2016 р. / [уклад. Л. І. Юдіна]. – К., 2016. – Режим доступу : <http://futuurolog.com.ua/publish/2/Zbirnyk.pdf#page=6>.

36. Расчет режимов резания. Учебное пособие / Безъязычный В. Ф., Аверьянов И. Н., Кордюков А. В. – Рыбинск: РГАТА, 2009. – 185 с.

37. Патент № 135732 (UA), МПК C12M 1/02 (2006.01); Ферментер/ Тертус О.Г., Степанюк А.Р. (UA); Заявка № u 2019 01646, 18.02.2019; Опубл. 10.07.2019; Бюл. № 13.

38. Патент № 126191 (UA), МПК C12M 1/00 (2006.01); Ферментер/ Мікульонок І.О. (UA); Заявка № u 2017 13019, 28.12.2017; Опубл. 11.06.2018; Бюл. № 11.

39. Патент № 136498 (UA), МПК C12M 1/04 (2006.01); Ферментер з протифазним вібраційним перемішуванням/ Поводзинський В.М., Ружинська Л.І., Остапенко Ж.І. (UA); Заявка № u 2019 01489, 14.02.2019; Опубл. 27.08.2019; Бюл. № 16.

40. Patent CN108359588 A; The fermenter of photosynthetic culture; Inventor: 刘顺生. Publication Date: 2018.08.03.

41. Patent CN207958386 U; A kind of microbial fermentation equipment; Inventor: 皮磊. Publication Date: 2018.10.12.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		149

42. Патент № 135867 (UA), МПК F26B 11/00 (2006.01); F26B 11/04 (2006.01) Барабанна сушарка/ Ткачук М.В., Степанюк А.Р. (UA); Заявка № u 2019 01035, 01.02.2019; Опубл. 25.07.2019; Бюл. № 14.

43. Патент № 136415 (UA), МПК F26B 17/26 (2006.01); Вібраційна сушарка/ Федоскін В.О., Корніленко К.І., Федоскіна О.В., Єрісов М.М. (UA); Заявка № а 2019 02032, 28.02.2019; Опубл. 27.08.2019; Бюл. № 16.

44. Патент № 136167 (UA), МПК F26B 17/04 (2006.01); Радіаційна стрічкова сушарка/ Вернигора В.Д., Коробочка О.М., Коржавін Ю.А. (UA); Заявка № u 2019 01352, 11.02.2019; Опубл. 12.08.2019; Бюл. № 15.

45. Patent CN208372491 U; Spray dryer is used in a kind of production of albumen powder; Inventor: 孟小荣, 姚佳乐. Publication Date: 2019.01.15.

46. Patent CN208091107 U; A kind of drum dryer; Inventor: 周小峰, 宋成普, 秦元伦. Publication Date: 2018.11.13.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		150

Додаток А
Технологія виготовлення підп'ятника

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк.
						150
Змн.	Арк.	№ доквм.	Піппис	Лат		

Технологія виготовлення підп'ятника

Вступ

Метою даного розділу дипломного проекту є розроблення технології виготовлення деталі – підп'ятника.

Для досягнення поставленої мети в процесі виконання роботи вирішуються наступні завдання:

- аналізується призначення деталі та умови її роботи;
- здійснюється аналіз технологічності деталі;
- обирається заготовка та спосіб її отримання;
- розроблюється маршрутний технологічний процес;
- здійснюється вибір обладнання, верстатних пристосувань та інструменту для механічної обробки деталі;
- визначаються припуски на обробку;
- розраховуються режими різання та норми часу на виготовлення деталі;
- розробляється та розраховується спеціальне верстатне пристосування;
- виконується робоче креслення деталі та складальне креслення пристосування з специфікацією;
- заповнюються операційні карти на всі операції механічної обробки заготовки.

Всі етапи виконуваних робіт детально описані в даній пояснювальній записці.

					ЛН71мп.061523.001 ПЗ			
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата	Технологія виготовлення деталі “підп'ятник”	Літ	Лист	Листів
Разроб.	Лпагузя							
Певев	Лвойнос							
Н.Контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ		
Затв.								

А.1 Аналіз службового призначення деталі і умов її роботи у вузлі апарату

Деталь “підп’ятник” входить до складу опорних частин лінії виготовлення нізину. Відпрацьовування конструкції цієї деталі на технологічність (з огляду на те, що ця проєктована деталь не має аналогів) будемо здійснювати в наступній послідовності:

- підбір і аналіз вихідного матеріалу для виготовлення деталі;
- аналіз геометричної форми деталі;
- визначення обсягу випуску деталі і типу виробництва.

Деталь “підп’ятник” відноситься до типу деталей із загальною підвищеною міцністю, що сприймає значне навантаження і знаходиться в агресивному середовищі вологи і солей. Таким чином, можна рекомендувати як вихідний матеріал для цієї деталі сталь нержавіючу марки 08X13, ГОСТ 25054.

Хімічний склад сплаву, крім заліза (близько 84%), також включає інші елементи, в тому числі нікель і хром. За рахунок високого вмісту нікелю і хрому в складі продукції цієї марки, сплав параметрами стійкості до корозії перевершує високоміцні низьколеговані сталі, що використовуються для виробництва різноманітних конструкцій. За режимом термічної обробки сталь 08X13 гартують за температурою 1000-1050°C, після чого охолоджують в маслі. Відпал виконують при 700-780°C та охолоджують в маслі.

Деталь “підп’ятник” має форму тіла обертання, тобто з точки зору технологічності вона не є складною у виготовленні і для виробничого контролю.

А.2 Технологічний аналіз виготовлення деталі

А.2.1 Вибір і обґрунтування типу заготовки

Аналізуючи форму деталі, можна сказати, що виготовлення її буде проводитись по операціям. Тому обираємо одиничне виробництво.

Ескіз заготовки деталі “підп’ятник” показано на рисунку А1.

					ЛН71мп.061523.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

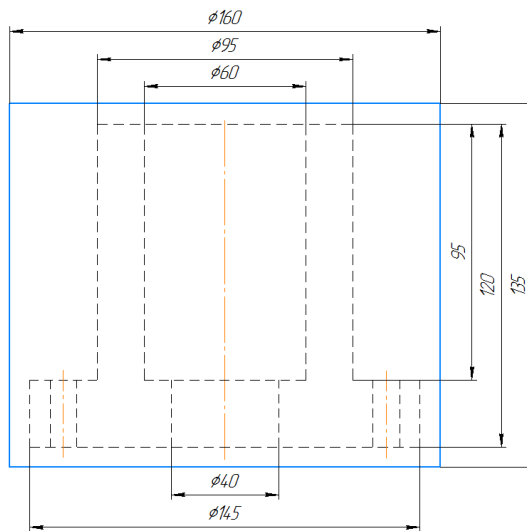


Рисунок А1 – Ескіз заготовки

При такому типі виробництва ділянки цеху компонуються у вигляді поточної лінії, в якій обладнання розставлено у порядку виконання технологічних операцій.

Відповідно до вимог креслення і в результаті аналізу конструкції деталі “підп’ятник”, можна зробити висновок, що найбільш доцільно в даному випадку використати заготовку з поковки "циліндр".

Висновок: вага заготовки складає 21,2 кг.

А.3 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

Операція 005. Токарна з ЧПУ

1. Точити поверхню $\varnothing 145$ мм
2. Чорнове точіння $\varnothing 40$ мм
3. Чорнове точіння $\varnothing 60$ мм
4. Чистове точіння $\varnothing 60$ мм
5. Чорнове точіння $\varnothing 95$ мм
6. Чистове точіння $\varnothing 95$ мм

Бази: установча $\varnothing 120$ мм

опорна база – торець $\varnothing 120$.

					ЛН71мп.061523.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модель станка: токарний напівавтомат з ЧПУ (1П756ДФ321).

Пристосування: патрон трьохкулачковий самоцентрувальний з пневмоприводом.

Операція 010. Токарна з ЧПУ

1. Точити поверхню $\varnothing 120$ мм

2. Підрізати торець $\varnothing 120$ мм

Бази: установка $\varnothing 145$ мм

опорна база – торець $\varnothing 145$.

Модель верстата: токарний напівавтомат з ЧПУ (1П756ДФ321).

Пристосування: патрон трьохкулачковий самоцентрувальний з пневмоприводом.

Операція 015. Свердлильна з ЧПУ.

1.Свердлити 4 отвори $\varnothing 10$ мм

Бази: торець $\varnothing 145/\varnothing 120$ мм; отвір $\varnothing 60$ мм.

Обладнання: вертикально – свердлильний з ЧПУ; модель – Р135Ф2

Пристосування: спеціальне з механічним затискачем.

А.3.1 Розрахунок припусків на обробку $\varnothing 60F8$

Технологічний процес обробки даної поверхні має наступну послідовність:

- чорнове точіння;

- чистове точіння;

Мінімальний припуск визначаємо згідно формули:

$$2 \cdot Z_{1\min} = 2 \cdot \left(R_{z1} + h_1 + \sqrt{\Delta_{\text{заг}}^2 + e_1^2} \right)$$

Мінімальний припуск на чорнове точіння:

$$2 \cdot Z_{1\min} = 2 \cdot \left(R_{z1} + h_1 + \sqrt{\Delta_{\text{заг}}^2 + e_1^2} \right) =$$

					ЛН71мп.061523.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$= 2 \cdot (200 + 300 + \sqrt{500^2 + 500^2}) = 1214 \text{ мкм},$$

де величини R_{z1} - шорсткість та h – товщина дефектного шару призначаємо згідно таблиць. Для гарячекатаної заготовки $R_{z1}=200$ мкм, $h_1=300$ мкм [35].

Сумарне відхилення для заготовки:

$$\Delta_{\text{заг}} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{екс}}^2 + \Delta_{\text{П}}^2} = \sqrt{56,18^2 + 500^2 + 18^2} = 504,73 \text{ мкм},$$

де $\Delta_{\text{кор}}$ – короблення поверхні заготовки,

$\Delta_{\text{екс}} = 500$ мкм – відхилення форми (некруглість) [35],

$\Delta_{\text{П}}$ – відхилення від перпендикулярності.

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_{\text{к}} \cdot D)^2 + (\Delta_{\text{к}} \cdot L)^2} = \sqrt{(0,5 \cdot 60)^2 + (0,5 \cdot 95)^2} = 56,18 \text{ мкм},$$

де $L = 95$ мм – довжина отвору згідно з кресленням,

$D = 60$ мм – діаметр отвору згідно з кресленням,

$\Delta_{\text{к}} = 0,5 \frac{\text{мкм}}{\text{мм}}$ – питома кривизна [35],

$$\Delta_{\text{П}} = \Delta_{\text{Н}} \cdot D = 0,3 \cdot 60 = 18,0 \text{ мкм},$$

де $\Delta_{\text{Н}} = 0,3 \frac{\text{мкм}}{\text{мм}}$ – питоме відхилення.

Похибка закріплення заготовки для чорнового точіння в трьохкулачковому патроні.

$$e_1 = 500 \text{ мкм}.$$

Мінімальний припуск на чистове точіння:

$$\begin{aligned} 2 \cdot Z_{2\min} &= 2 \cdot \left(R_{z2} + h_2 + \sqrt{\Delta_2^2 + e_2^2} \right) = \\ &= 2 \cdot (63 + 60 + \sqrt{30,28^2 + 500^2}) = 1248 \text{ мкм}. \end{aligned}$$

Відхилення після чорнового точіння:

$$\Delta_2 = k_y \cdot \Delta_{\text{заг}} = 0,06 \cdot 504,73 = 30,28 \text{ мкм},$$

де $k_y = 0,06$ – поправочний коефіцієнт.

Розміри після:

- чистового точіння

$$D_{2\max} = D_{3\max} - 2 \cdot Z_{3\min} = 60,740 - 0,740 = 34,896 \text{ мм}.$$

					ЛН71мп.061523.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- чорнового точіння

$$D_{1\max} = D_{2\max} - 2 \cdot Z_{2\min} = 65,650 - 0,574 = 65,076 \text{ мм.}$$

Для заготовки:

$$D_{\text{заг_min}} = D_{1\max} - 2 \cdot Z_{1\min} = 65,650 - 4,910 = 60,740 \text{ мм.}$$

Допуск на обробку заготовки

Для чистового точіння: $TD_1 = 0,046 \text{ мм} = 46 \text{ мкм (F8)}$.

Для чорнового точіння: $TD_2 = 0,12 \text{ мм} = 120 \text{ мкм (H10)}$.

Заготовки: $TD_{\text{загот}} = 0,74 \text{ мм} = 740 \text{ мкм (H14)}$

Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку поверхні Ø 65F8 зображена на рисунку А2.

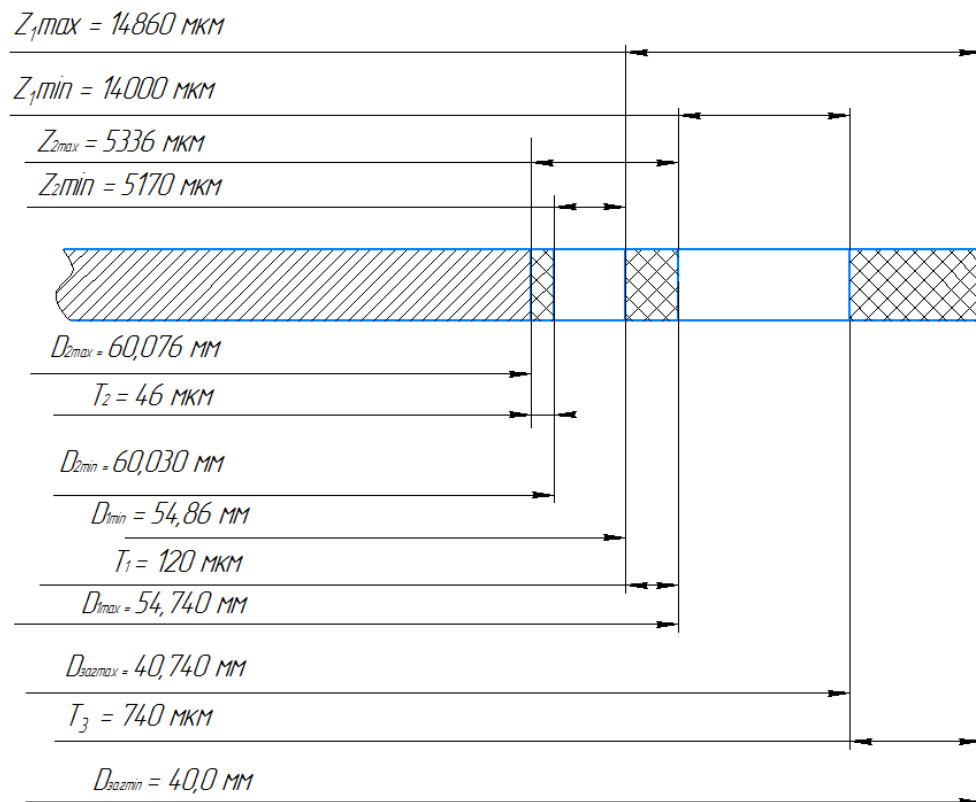


Рисунок А2 – Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку поверхні Ø60F8

Розрахунок припусків та граничних розмірів по технологічних переходах обробки отвору Ø60F8 показаний в таблиці А1.

					ЛН71мп.061523.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А1. Розрахунок припусків та граничних розмірів по технологічних переходах обробки отвору Ø60F8

Технологічні переходи обробки	Елементи припуску, мкм				Допуск T , мкм	Граничні розміри, мм		Граничне значення припуску, мкм	
	R_z	h	ρ	e		D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Заготовка 14	200	300	1001	-	740	40,0	40,74	-	-
Чорнове точіння 12	63	60	60,1	500	120	54,74 0	54,86	14,17	14,0
Чистове точіння 10	32	30	50,05	500	46	60,03 0	60,07 6	5,336	5,17

А.3.2. Розрахунок режимів різання Ø60F8

Розточити отвір Ø54,0 до Ø60,076 (тонке точіння).

$$t = 2 \text{ мм.}$$

З подач, що рекомендуються призначаємо $S_0=0,55$ мм/об. Приймаємо період стійкості інструмента $T=60$ хв [29].

Швидкість різання, яка допускається періодом стійкості інструмента:

$$v_p = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_0^y} \cdot k_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,55^{0,35}} \cdot 0,54 = 92,587 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

де $C_v = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,2$; $k_v = 0,2$ [2].

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{lv} K_{nv} = 1 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,54,$$

де K_{mv} – коефіцієнт на оброблюваний матеріал,

K_{iv} – коефіцієнт на інструментальний матеріал,

K_{lv} – коефіцієнт що враховує глибину свердління.

При розсвердлюванні і зенкуванні литих або штампованих отворів вводиться додатково поправочний коефіцієнт K_{π} .

					ЛН71мп.061523.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Частота обертання n , об/хв, за формулою

$$n = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 92,587}{3,14 \cdot 60} = 491 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

де v_p – швидкість різання, м/хв;

D – діаметр отвору, мм.

Після розрахунку частоти обертання приймають її найближче менше значення за паспортом верстата. Потім уточнюють швидкість різання по прийнятому значенню $n_{\text{пр}}=500$ об/хв [30].

$$v_{\text{дійсна}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{пр}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 500}{1000} = 56,52 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

$$\text{Хвилинна подача } S_{\text{хв}} = S_0 \cdot n_d = 0,55 \cdot 850 = 567,5 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}.$$

Сила різання:

$$\begin{aligned} P_0 &= 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v_{\text{дійсна}}^n \cdot k_p = \\ &= 10 \cdot 243 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,55^{0,6} \cdot 56,52^{0,3} \cdot 0,76 = 7543 \text{ Н} \end{aligned}$$

Значення коефіцієнтів та показників ступеня

$$C_p = 243, x = 0,9, y = 0,6, n = 0,3,$$

де k_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки.

Потужність різання:

$$N_c = \frac{P_0 \cdot v_{\text{дійсна}}}{1020 \cdot 60} = \frac{7543 \cdot 56,52}{1020 \cdot 60} = 6,9 \text{ кВт.}$$

Час різання:

$$\tau_0 = \frac{l_{\text{вр}} + l_0 + l_{\text{вих}}}{S_{\text{хв}}} \cdot i = \frac{95 + 2 + 2}{567,5} \cdot 3 = 0,52 \text{ хв.}$$

Висновок: сила різання складає 7543 Н, потужність різання – 6,9 кВт, час різання – 0,52 хв.

А.3.3 Розрахунок режимів різання при розсвердлюванні отворів Ø10

Глибина різання:

$$t = 0,5 \cdot (D) = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ мм.}$$

де $D=10$ мм – діаметр отвору в деталі.

					ЛН71мп.061523.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З подач, що рекомендуються призначаємо $S_0=0,12$ мм/об. Приймаємо період стійкості інструмента $T=25$ хв [30].

Швидкість різання, яка допускається періодом стійкості інструмента:

$$v_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S_0^y} \cdot k_v = \frac{7,0 \cdot 10^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,12^{0,6}} \cdot 0,6 = 24,456 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

де $C_v = 7,0$; $q = 0,4$; $y = 0,7$; $m = 0,2$; $k_v = 0,6$ [2].

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{iv} = 1 \cdot 0,6 \cdot 1 = 0,6,$$

де K_{mv} – коефіцієнт на оброблюваний матеріал,

K_{iv} – коефіцієнт на інструментальний матеріал,

K_{iv} – коефіцієнт що враховує глибину свердління.

При розсвердлюванні і зенкуванні литих або штампованих отворів вводиться додатково поправочний коефіцієнт K_{pv} .

Частота обертання n , об/хв, за формулою

$$n = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 24,456}{3,14 \cdot 10} = 778 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

де v_p – швидкість різання, м/хв;

D – діаметр отвору, мм.

Після розрахунку частоти обертання приймають її найближче менше значення за паспортом верстата. Потім уточнюють швидкість різання по прийнятому значенню $n_{пр}=750$ об/хв [29].

$$v_{дійсна} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{пр}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 750}{1000} = 23,55 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Крутний момент $M_{кр}$, Н·м, і осьова сила P_o , Н, розраховано за формулами:

Обертовий момент:

$$\begin{aligned} M_{кр} &= 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot k_p = \\ &= 10 \cdot 0,0345 \cdot 10^2 \cdot 5^1 \cdot 0,12^{0,8} \cdot 0,76 = 24,041 \text{ Н} \cdot \text{м}; \end{aligned}$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot k_p = 10 \cdot 68 \cdot 5^1 \cdot 0,12^{0,8} \cdot 0,76 = 473,85 \text{ Н}.$$

Значення коефіцієнтів та показників ступеня:

$C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$, k_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, $k_p = 0,76$ [30].

					ЛН71мп.061523.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність різання:

$$N_c = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{24,041 \cdot 750}{9750} = 1,849 \text{ кВт},$$

де n – частота обертання заготовки:

Потужність різання не повинна перевищувати ефективну потужність головного приводу верстата $N_c < N_э$ ($N_э = N_{дв} \cdot \eta$, де $N_{дв}$ – потужність двигуна, η – ККД верстата).

По паспортним даним, потужність станка $N_{кр}=4,5$ кВт. Умова виконується.

Також перевіряють подачу верстата і по допустимому зусиллю $P_o < P_{ост}$, де $P_{ост} = P_{max}$ – осьова сила верстата ($P_{max}=1500$ кгс \approx 15000 Н), $P_o = 473,85$ Н. Умова виконується.

Приймаємо наступні значення: $t=5$ мм, $S_0=0,12$ мм/об, $n_d = 750$ об/хв, $v_d = 23,55$ мм/хв, $N=1,85$ кВт.

$$\text{Хвилинна подача } S_{хв} = S_0 \cdot n_d = 0,12 \cdot 750 = 90 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}.$$

Висновок: сила різання складає 473,85 Н, потужність різання – 1,849 кВт.

А.4 Розрахунок норми часу на розсвердлювання отворів Ø 10

Штучно-калькуляційний (основний) час на свердління:

$$T_0 = \frac{l+l_{вр}+l_{пер}}{S_{хв}} = \frac{25+5}{0,12 \cdot 750} = 0,33 \text{ хв},$$

де L – довжина робочого ходу свердла, мм;

$\ell = 25$ мм – довжина отвору;

$\ell_{вр}$ – довжина свердла;

$\ell_{пер}$ – довжина перебігу інструмента;

$$\ell_{вр} + \ell_{пер} = 5 \text{ мм [29]}.$$

T_o для чотирьох отворів:

$$T_o = 0,33 \cdot 4 = 1,33 \text{ хв}.$$

Норми допоміжного часу визначені з довідників або за нормативами і зведені в таблицю А2.

					ЛН71мп.061523.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А2 Норми допоміжного часу

№ п/п	Найменування дії оператора	Норма часу
1	Очистити пристрій від стружки	0,09
2	Встановити та зняти заготовку	0,4
3	Закріпити та відкріпити заготовку	0,1
Всього		0,59

$$T_{ц.к.} = 1,33 + 0,59 = 1,92 \text{ хв.}$$

А.5 Опис конструкції та розрахунок кондуктора для свердління отворів

Пристосування, за допомогою якого проводиться свердління 4-х отворів Ø10 мм, являє собою кондуктор. Цей кондуктор дозволяє робити надійне закріплення оброблюваної деталі, тому що він оснащений швидкодіючим пневматичним діафрагменним приводом. Стиснене повітря, що необхідне для роботи цього кондуктора, надходить під тиском ($P = 4 \text{ кг/см}^2$) від цехової мережі у нижню порожнину пневмопривода. При цьому направляючий шток з п'ятою рухається вгору (див. креслення кондуктора), і притискає деталь до нерухомої плити, – відбувається закріплення оброблюваної деталі. При русі п'яти вгору відбувається стискання пружин. Після закінчення процесу свердління, тиск повітря в робочій порожнині пневмопривода знижується до 0. При цьому, під дією стиснутих пружин, направляючий шток рухається вниз, звільняючи деталь. При закріпленні нової деталі цикл повторюється.

Схема сил, діючих у пристрої, показана на рисунку А.3.

Проведемо перевірочний розрахунок цього пневматичного циліндра.

Зусилля на штоку циліндра (Q) визначається по формулі:

$$Q = 100 \cdot F \cdot p \cdot \eta = 100 \cdot 5 \cdot 0,4 \cdot 0,85 = 170 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$\text{де } F = 0,785 \cdot D^2 = 0,785 \cdot 60^2 = 5,0 \text{ см}^2,$$

					ЛН71мп.061523.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де D – діаметр циліндра, м $D = 60$ мм;

p – тиск стиснутого повітря, $p = 0,4$ МПа – для пневмосистем промислових підприємств;

P – опір поворотної пружини наприкінці робочого ходу поршня, $P=900$ Н;

η – ККД пневмоциліндра, $\eta = 0,85$.

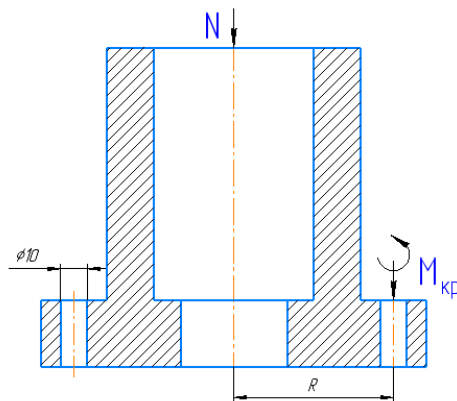


Рисунок А.3 – Схема навантажень при закріпленні деталі "підп'ятник"

Необхідною умовою для того, щоб деталь у процесі обробки залишалася нерухомою є те, щоб зусилля, що розвивається діафрагменним циліндром, перевищувало зусилля, що виникає в процесі різання:

$$N \cdot \mu \cdot R > M_{кр},$$

де $\mu=0,25$ – коефіцієнт тертя.

Тоді зусилля різання:

$$N > \frac{24,04}{0,25 \cdot 0,06} = 1602 \text{ Н.}$$

Тиск у циліндрі:

$$P = \frac{N}{\pi \cdot D^2} = \frac{1602}{3,14 \cdot 0,12^2} = 35430 \text{ Па.}$$

Висновок: сила різання складає 1602 Н, час різання – 1,92 хв, розрахунковий тиск у циліндрі складає 35430 Па, обрано тиск 0,3 МПа.

					ЛН71мп.061523.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Б
Автоматичний контроль і керування процесом

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ доквм.	Піппис	Лат		

Автоматизація виробництва нізину

Б.1 Опис технологічного процесу, як процесу автоматизації

Сировина – поживне середовище разом з посівною культурою та розчином натрію гідроксиду потрапляє до ферментера 1 на культивування. Готова культуральна рідина подається до сепаратора 2, де активну фазу відділяють за допомогою відцентрових сил (Рисунок Б.1).

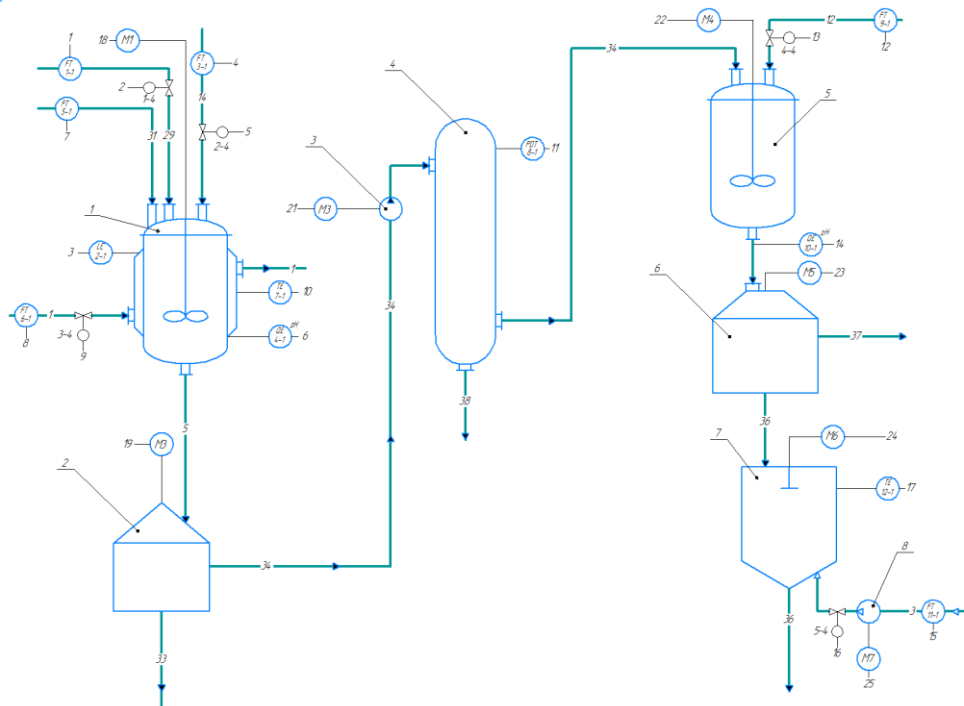


Рисунок Б.1 – Технологічна схема лінії виробництва нізину

1 – ферментер; 2 – сепаратор; 3 – насос; 4 – фільтр; 5 – екстрактор;
6 – центрифуга; 7 – сушарка; 8 – вентилятор.

Наступним кроком є фільтрування рідини у фільтрі 4 для видалення механічних забруднень. Далі відфільтрована рідина подається до екстрактора 5, в якому додається хлорид натрію після чого отримане середовище подається до

					ЛН71мп.061523.001 СА							
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Драгузя			Автоматичний контроль і керування процесом				Літ.		Арк.	Акрушів
Перевір.		Сазонов										
Реценз.									КПІ ім . Ігоря Сікорського ІХФ , МАХНВ			
Н. Контр.												
Затверд.												

центрифуги 6 для розділення твердої фази від рідкої. Фугат подається на сушіння в сушарку 7. Вентилятор 8 забезпечує надходження повітря для процесу сушіння. Параметри наведені у таблиці Б.1.

Таблиця Б.1 – Параметри основного технологічного режиму

№	Назва параметру	Контр. ль	регулю вання	сигналіза ція захист	ист. рування
	Концентрація суміші у ферментері 1				
	Рівень суміші у ферментері 1 $L = 2,32 \pm 0,1$ м				
	Температура в ферментері 1 $T = 28 \pm 1$ °C				
	Температура в сушарці 1 $T = 50 \pm 3$ °C				
	Потужність насосу				

Б.2 Основні рішення з автоматизації

Б.2.1 Системи контролю

В ферментері контролюються наступні параметри:

– Витрати компонентів суміші культуральної рідини та охолоджуючої води (поз. 1-1, 3-1, 5-1; 6-1), де на трубопроводі встановлені діафрагми камерні, ДКС 0,6–150; ДКС 0,6–50 відповідно, на місцевому щиті встановлений вимірювальний тензоперетворювач перепаду тиску з блоком добування квадратного кореня, «Сапфир-22ДД», мод. 240 (поз. 1-2, 3-2, 5-2, 6-2) на щиті керування встановлений

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ док.м.	Піліпис	Лат		

автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (із блоком добування квадратного кореня), ДИСК-250П, на щиті керування встановлено регулятор мікропроцесорний, МІК-21 (поз. 1-3, 3-3, 6-3).

– Температура культурального середовища (поз. 7-1) з допомогою термоперетворювача опору платиного ТСП-1388 і регулятора мікропроцесорного МІК-25 (поз. 7-2).

– Рівня культурального середовища в ферментері за допомогою первинного вимірювального перетворювача акустичного рівнеміра ЭХО-5Н АП-91 (поз. 2-1), проміжного вимірювального перетворювача акустичного рівнеміра ЭХО-5Н ППИ-5Н та регулятора мікропроцесорного МІК-21 (поз. 1-3).

– Значення рівня рН за допомогою чутливого елемента рН-метра заглибного виконання з електродами скляними ЭСП-31-06 і регулятором тис-ку РДС-1 ДПг-4М, типу IV (поз. 4-1) та перетворювача високоомного П-215М (поз. 4-2).

В сушарці контролюються наступні параметри:

– Витрати повітря (поз. 11-1), де на трубопроводі встановлена діафрагма камерна, ДКС 0,6–150, на місцевому щиті встановлений дифманометр безшкальний пневматичний із квадратичною функцією перетворення; матеріал чутливого елемента – сплав 36НХТЮ; $\Delta P_{\max} = 400$ кПа; температура повітря (–50)...80 °С, відстань передачі сигналу за внутрішнього діаметру трубки 6 мм – 300 м, клас точності 1, $P_{\text{вих}} = 20 \dots 100$ кПа 13ДД11, мод. 720 (поз. 11-2); на щиті керування встановлено регулятор мікропроцесорний, МІК-21 (поз. 11-3).

– Температура в процесі сушіння продукту (поз. 12-1) з допомогою термоперетворювача опору платиного ТСП-1388 і регулятора мікропроцесорного МІК-25 (поз. 12-2).

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Б.2.2 Автоматичне регулювання

Регулюванню підлягають наступні параметри:

- Температура культурального середовища за допомогою регулятора мікропроцесорного МІК-21 (поз. 7-2) з механізмом виконавчим мембранним пневматичним прямої дії з позиціонером ПП-1.25 і боковим дублером МИМП ППХ 05В (поз. 3-4).
- Рівень культурального середовища за допомогою регулятора мікропроцесорного МІК-21 (поз.2-3) з механізмом виконавчим мембранним пневматичним прямої дії з позиціонером ПП-1.25 і боковим дублером МИМП ППХ 05В (поз. 1-4).
- Значення рівня рН за допомогою регулятора мікропроцесорного МІК-21 (поз.4-3) з механізмом виконавчим мембранним пневматичним прямої дії з позиціонером ПП-1.25 і боковим дублером МИМП ППХ 05В (поз. 2-4).
- Температури теплоносія в сушарці за допомогою мікропроцесорного регулятора МІК-25 (поз. 12-2) з механізмами виконавчими з позиціонером ПП-1.25 і боковим дублером МИМП ППХ 05В (поз. 5-4).

Б.2.3 Технологічна сигналізація та захист

Сигналізації підлягають:

- Вихід за допустимі межі температури в ферментері лампочками HL1, HL2.
- Вихід за допустимі межі температури в сушарці лампочками HL3, HL4.
- Ввмк/Вимк електроприводу двигунів лампочками HL5...HL20.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ докум.	Підпис	Лат		

Б.2.4 Дистанційне керування виконавчими механізмами

Пост управління кнопковий ПКУ 15-21 131 УЗ (поз. 13-1, 13-2, 14-1, 14-2, 15-1, 15-2, 16-1, 16-2, 17-1, 17-2, 18-1, 18-2, 19-1, 19-2, 20-1, 20-2) з кількістю елементів управління – 2, який встановлено на місцевому щиті та щиті керування, приводить в дію магнітний пускач ПБР-2М (поз. 13-3, 14-3, 15-3, 16-3, 17-3, 18-3, 19-3, 20-3). Ті в свою чергу вмикають двигуни М1, М2, М3, М4, М5, М6, М7, які передють крутні моменти робочим органам приладів.

3. Специфікація засобів автоматизації

Специфікація засобів автоматизації наведена у додатку Б.

Висновки

У даному розділі наведено варіанти рішення щодо автоматизації елементів технологічного обладнання, а саме, ферментера та сушарки, що використовуються для виробництва нізину.

Наведено опис технологічного процесу, розроблено функціональну схему автоматизації (технологічний контроль, захист і автоматизація та автоматичне регулювання) та опис приладів, що при цьому використовуються.

Впровадження розробленої системи автоматизованого керування дозволить: використовувати для управління інформацію, яка по об'єму значно перевищує знання окремого оператора, підвищити продуктивність обладнання за рахунок виключення операцій ручного керування, зменшити кількість помилок оперативного персоналу і аварій по причині неуважності персоналу.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ док.м.	Пілпис	Лат		

Додаток В
Документація до патентного дослідження

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

Додаток В. Регламент патентного пошуку

Регламент патентного пошуку № ЛН71мп.061523 РП

Найменування теми: Ферментер

Шифр теми: ЛН71мп.061523.001

Етап: Проектування апарата та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень:

ЛН71мп.061523.001, 18.09.18

Предмет пошуку – ферментер, реактор, біореактор. (Об'єктом пошуку є винаходи і корисні моделі).

Мета пошуку інформації – визначення патентоздатності та патентної чистоти проєктованого апарату й визначення тенденцій розвитку цього напрямку в техніці.

Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, США, Швеція, Китай, Японія.

Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, проте регламент пошуку встановлюємо такий: 2018–2019 р.р.

Класифікаційні індекси:

– міжнародна патентна класифікація: : МПК5, МПК6, МПК7, МПК8 - C12M1/06; C12M1/107; C05F17/02; C02F3/30; C12M1/04; C12M1/1; B01F7/18;

– уніфікована десяткова класифікація УДК 615.23

Джерела інформації:

– патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Держпатенту України, Роспатенту;

– науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічного та нафтопереробного виробництва;

– інтернет ресурси: <http://ep.espacenet.com/>, <http://www.uipv.org>, <http://uapatents.com>, www.freepatent.ru/, <http://www1.fips.ru/>.

Початок пошуку 18.09.18

Закінчення пошуку 28.10.19

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ доквм.	Пілпис	Лат		

Таблиця В.1 – Регламент пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Ферментер реактор, біореактор	Визначення патентно-здатності та патентної чистоти проектного апарата й тенденції розвитку цього напрямку в техніці.	Україна, США, Швеція, Китай, Японія.	МПК5, МПК6, МПК7, МПК8 – С12М1/06; С12М1/107; С05F17/02; С02F3/30; С12М1/04; С12М1/1; В01F7/18; УДК 663.1.	2018-2019	Національні і зарубіжні офіційні бюлетені. Описи винаходів і корисних моделей.

Таблиця В.2 – Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні данні першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Змішувач, реактор, біореактор	Україна, США, Китай, Японія.	МПК5, МПК6, МПК7, МПК8 – С12М1/06; С12М1/107; C05F17/02; C02F3/30; С12М1/04; С12М1/1; B01F7/18; УДК 663.1.	Фонд НТУУ “КПІ” Державний патентний фонд бази даних об’єктів промислової власності, до яких надається доступ в Інтернеті http://ep.espacenet.com/ , http://www.uipv.org , http://uapatents.com	Описи винаходів патентів України № 1–41000. Описи корисних моделей патентів України № 1–1050.	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1971.– 785 с. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1983.– 272 с.

Таблиця В.3 Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	бібліографічні дані	відомості щодо їхньої дії
1	2	3
Ферментер	Патент № 135732 (UA), МПК C12M 1/02 (2006.01); Ферментер/ Тертус О.Г., Степанюк А.Р. (UA); Заявка № u 2019 01646, 18.02.2019; Опубл. 10.07.2019; Бюл. № 13.	Діє
Ферментер	Патент № 126191 (UA), МПК C12M 1/00 (2006.01); Ферментер/ Мікульонок І.О. (UA); Заявка № u 2017 13019, 28.12.2017; Опубл. 11.06.2018; Бюл. № 11.	Діє
Ферментер з протифазним вібраційним перемішуванням	Патент № 136498 (UA), МПК C12M 1/04 (2006.01); Ферментер з протифазним вібраційним перемішуванням/ Поводзинський В.М., Ружинська Л.І., Остапенко Ж.І. (UA); Заявка № u 2019 01489, 14.02.2019; Опубл. 27.08.2019; Бюл. № 16.	Діє
The fermenter photosynthetic culture	Patent CN108359588 A; The fermenter of photosynthetic culture; Inventor: 刘顺生. Publication Date: 2018.08.03.	Діє
A kind of microbial fermentation equipment	Patent CN207958386 U; A kind of microbial fermentation equipment; Inventor: 皮磊. Publication Date: 2018.10.12.	Діє

Таблиця В.4 Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу.

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
Ферментер	Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. /Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др/ под ред Ю. И Дытнерского.	М.: Химия, 1973.- 756 с
Ферментер	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты хим. технологии	М.: Химия, Москва 1971 – С.261

Висновок. У результаті проведеного патентного дослідження встановлено, що пропонований апарат і його складові частини відповідають умовам патентної чистоти винаходу (корисної моделі) через те, що усі суттєві ознаки найближчих аналогів не використано в проектних апаратах.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ док.ум.	Підпис	Лат		

Регламент пошуку № ЛН71мп.061523.001 РП

Найменування теми: Сушарка

Шифр теми: ЛН71мп.061523.001

Етап: Проектування апарата та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень:

ЛН71мп.061523, 29.09.18

Предмет пошуку – сушарка.

Мета пошуку інформації – визначення патентоздатності спроектованого апарату й визначення тенденцій розвитку цього напрямку в техніці.

Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Японія.

Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2018–2019 р.р.

Класифікаційні індекси:

– міжнародна патентна класифікація: МПК5, МПК6, МПК7, МПК8 – B01D1/06; B01D1/30; F28B1/02; B01D1/22; C13B 25/00; B01D 1/00; B01D 1/04.

– уніфікована десятикова класифікація УДК 661.8

Джерела інформації:

– патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Держпатенту України:

– науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічного та нафтопереробного виробництва.

– інтернет ресурси: <http://ep.espacenet.com/>, <http://Patents1.ic.gc.ca/intro-e.html>, <http://www.depatistnet.de/>, <http://www.swissreg.ch>

Початок пошуку 29.09.18

Закінчення пошуку 10.10.19

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ док.	Піліпис	Лат		

Таблиця В.5 – Регламент пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Сушарка	Визначення патентно-здатності та патентної чистоти проектного апарата й тенденції розвитку цього напрямку в техніці.	Україна, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Японія	МПК5, МПК6, МПК7, МПК8 – B01D1/06; B01D1/30; F28B1/02; B01D1/22; C13B 25/00; B01D 1/00; B01D 1/04 УДК 661.5.	2018-2019	Національні і зарубіжні офіційні бюлетені. Описи винаходів і корисних моделей.

Таблиця В.6 – Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні данні першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Сушарка	Україна, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Японія.	МПК5, МПК6, МПК7, МПК8 – B01D1/06; B01D1/30; F28B1/02; B01D1/22; УДК 661.8.	Фонд НТУУ “КПІ” Державний патентний фонд бази даних об’єктів промислової власності, http://ep.espacenet.com/ , http://www.uipv.org , http://uapatents.com	Описи винаходів патентів України № 1–41000. Описи корисних моделей патентів України № 1–1050. Описи винаходів патентів	Кремнев О. А., Боровский В. Р., Долинский А.А. Скоростная сушка. - К.: Гостехиздат, 1963.- 382 с.

Таблиця В.7 Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	бібліографічні дані	відомості щодо їхньої дії
1	2	3
Барабанна сушарка	Патент № 135867 (UA), МПК F26B 11/00 (2006.01); F26B 11/04 (2006.01) Барабанна сушарка/ Ткачук М.В., Степанюк А.Р. (UA); Заявка № u 2019 01035, 01.02.2019; Опубл. 25.07.2019; Бюл. № 14.	Діє
Вібраційна сушарка	Патент № 136415 (UA), МПК F26B 17/26 (2006.01); Вібраційна сушарка/ Федоскін В.О., Корніленко К.І., Федоскіна О.В., Єрісов М.М. (UA); Заявка № а 2019 02032, 28.02.2019; Опубл. 27.08.2019; Бюл. № 16.	Діє
Радіаційна стрічкова сушарка	Патент № 136167 (UA), МПК F26B 17/04 (2006.01); Радіаційна стрічкова сушарка/ Вернигора В.Д., Коробочка О.М., Коржавін Ю.А. (UA); Заявка № u 2019 01352, 11.02.2019; Опубл. 12.08.2019; Бюл. № 15.	Діє
Spray dryer is used in a kind of production of albumen powder	Patent CN208372491 U; Spray dryer is used in a kind of production of albumen powder; Inventor: 孟小荣, 姚佳乐. Publication Date: 2019.01.15.	Діє
A kind of drum dryer	Patent CN208091107 U; A kind of drum dryer; Inventor: 周小峰, 宋成普, 秦元伦. Publication Date: 2018.11.13.	Діє

Таблиця В.8 Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу.

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
Сушарка	Кремнев О. А., Боровский В. Р., Долинский А.А. Скоростная сушка.	К.: Гостехиздат, 1963.- 382 с.

Висновок. У результаті проведеного патентного дослідження встановлено, що пропонований апарат і його складові частини відповідають умовам патентної чистоти винаходу (корисної моделі) через те, що усі суттєві ознаки найближчих аналогів не використано в проектних апаратах.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Піппис	Лат		

Додаток Г

Патенти, які використані в патентному дослідженні

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

Додаток Д
Публікації автора

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ доквм.	Піппис	Лат		

Список наукових праць

пошукача кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ДРАГУЗІ КОСТЯНТИНА ВАСИЛЬОВИЧА

1. Модернізація установки виробництва нізину / Зубрій О.Г., Драгузя К.В. // «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів»: XXI всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених, (Київ, 29 – 30 листопада 2017): зб. тез доп. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017р. – Секція 1. – С. 18-19.
2. Модернізація ферментера установки виробництва нізину / Зубрій О.Г., Драгузя К.В. // «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання»: XIV всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених, (Київ, 23 – 25 квітня 2018): зб. тез доп. – «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018р. – Секція 1. – С. 30 – 31.
3. Драгузя К.В., Зубрій О. Г. Визначення режиму перемішування та типу перемішуючого пристрою ферментера для виробництва бактеріоцинів // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". — 2019. — №6, Том 1 – С. 43 – 47.
4. Патент №128377 Україна Турбінна мішалка закритого типу / Зубрій О.Г., Драгузя К.В. – u 128377; заявл. 27.04.2018. опубл. 10.09.2018.

					ЛН71мп. 061523.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ док.м.	Підпис	Лат		